



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALINE COSTALONGA GAMA

**O ENSINO DE FÍSICA NA EJA: UMA PROPOSTA COM FOCO NA UTILIZAÇÃO
DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS – UM EXEMPLO NO
ESTUDO DA HIDROSTÁTICA**

VITÓRIA - ES
NOVEMBRO - 2015

ALINE COSTALONGA GAMA

**O ENSINO DE FÍSICA NA EJA: UMA PROPOSTA COM FOCO NA UTILIZAÇÃO
DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS – UM EXEMPLO NO
ESTUDO DA HIDROSTÁTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. João Paulo Casaro Erthal.

VITÓRIA - ES
NOVEMBRO - 2015

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Central da Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

Gama, Aline Costalonga, 1981-
G184e O ensino de física na EJA : uma proposta com foco na
utilização de atividades experimentais demonstrativas – um
exemplo no estudo da hidrostática / Aline Costalonga Gama. –
2015.
343 f. : il.

Orientador: João Paulo Casaro Erthal.
Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Física) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
Exatas.

1. Programa Nacional de Integração da Educação
Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação
de Jovens e Adultos (Brasil). 2. Física - Estudo e ensino. 3.
Atividades experimentais demonstrativas. I. Erthal, João Paulo
Casaro. II. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de
Ciências Exatas. III. Título.

CDU: 53

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

ALINE COSTALONGA GAMA

**O ENSINO DE FÍSICA NA EJA: UMA PROPOSTA COM FOCO NA UTILIZAÇÃO
DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS – UM EXEMPLO NO
ESTUDO DA HIDROSTÁTICA**

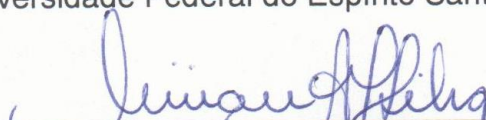
Dissertação apresentada ao Programa de pós-Graduação em Ensino de Física - Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em 13 de novembro de 2015.

Comissão examinadora



Prof. Dr. João Paulo Casaro Erthal
(Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes)



Profa. Dra. Mirian do Amaral Jonis Silva
Universidade Federal do Espírito Santo (Ufes)



Profa. Dra. Marília Paixão Linhares
Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF)

A minha família, por ter suportado e
aceitado as inúmeras ausências causadas
pela dedicação aos estudos.

AGRADECIMENTOS

Muitos são os agradecimentos a fazer ao término deste trabalho. Reconhecer aqueles que me ajudaram a realizá-lo, mesmo sem saber, compartilhando as alegrias e dores desta trajetória.

Agradeço em primeiro lugar a Deus, que iluminou o meu caminho durante esta jornada.

Aos meus pais, que sempre lutaram, incentivaram e apoiaram os meus estudos, acreditando que a educação é a verdadeira herança que se deixa a um filho. Sou grata também pela formação cristã, com valores morais, que me tocaram a realizar este trabalho na EJA.

À minha mãe, que durante os últimos anos tem me auxiliado no cuidar dos que amamos.

Ao meu esposo, companheiro de partilha de muitos momentos pessoais e profissionais, que contribuiu através dos infinitos diálogos sobre a temática pesquisada, da estruturação dos materiais utilizados durante a intervenção e da leitura desta dissertação.

Ao meu orientador, pelo respeito, seriedade e dedicação com que me orientou ao longo desta trajetória.

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo que possibilitou a execução desta pesquisa.

Aos alunos que participaram como sujeitos deste trabalho, que romperam as angústias de serem “investigados” e atuaram como protagonistas de um processo que não poderia ocorrer sem a presença e o comprometimento deles.

Aos meus professores e colegas de mestrado, que me mostraram que todo trabalho pode ser melhorado, mas só vivenciamos isso quando o realizamos.

À Capes, pelo apoio financeiro concedido através da bolsa fornecida.

Finalizando, um especial agradecimento ao colega Rogério Oliveira Silva que foi um grande parceiro em todos os trabalhos realizados ao longo deste curso. Sempre disposto a compartilhar seu conhecimento e dedicar parte de seu tempo a escuta deste projeto, meu sincero reconhecimento pela leitura, incentivo, críticas e sugestões que contribuíram para o enriquecimento desta dissertação.

“Não haverá borboletas se a vida não
passar por longas e silenciosas
metamorfoses.”

Rubem Alves

RESUMO

Investigamos as contribuições de uma proposta de ensino de Física para a Educação de Jovens e Adultos (EJA), apoiada nas premissas da aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2011; NOVAK & GOWIN, 1996) e na educação dialógica e emancipatória (FREIRE, 2011, 2013), que adota a utilização de Atividades Experimentais Demonstrativas (AED) como principal estratégia de ensino. Estabelecemos uma abordagem recorrente onde cada ciclo é composto por três etapas: conceitual, experimental e síntese dos conhecimentos. Na primeira etapa de cada ciclo, o professor expõe o conteúdo de forma dialógica e busca o conhecimento prévio que o aluno possui. As AED, planejadas e organizadas pelo professor, são realizadas e apresentam pelos estudantes na segunda etapa de cada ciclo. Na síntese dos conhecimentos, o professor retoma os conceitos estudados com a resolução de exercícios. Um procedimento recursivo busca a interação entre os conceitos estudados nos diversos ciclos. A título de exemplo, exploramos o conteúdo de Hidrostática. A intervenção ocorreu no segundo semestre de 2014 com quatorze alunos do curso técnico em Segurança do Trabalho integrado com o ensino médio na modalidade de EJA de uma Instituição Federal localizada em Vitória – Espírito Santo. Como instrumento de coleta de dados utilizamos oito questionários, dois mapas conceituais, uma avaliação tradicional, dados provenientes da apresentação das AED e de uma prática investigativa (gravações em áudio e anotações no diário de campo da professora-pesquisadora). Constatamos que a metodologia proposta ampliou o diálogo entre professor e alunos, permitiu a participação ativa dos estudantes no processo de ensino, possibilitou a externalização do conhecimento dos educandos e a renegociação de significados com o professor. Evidenciamos a insegurança dos estudantes perante a um novo conhecimento e verificamos que as AED permitiram uma melhor compreensão dos conceitos, bem como que o aluno é capaz de reconhecer essa mudança em sua estrutura cognitiva. Concluimos que as AED se revelaram eficientes como uma proposta de avaliação processual e que também transpôs o ensino de Física para além da sala de aula. Avaliamos que esse trabalho apresenta uma proposta que atende as especificidades e as necessidades formativas dos sujeitos da EJA.

Palavras-chave: Ensino de Física. Educação de Jovens e Adultos. Atividades Experimentais Demonstrativas.

ABSTRACT

This paper aimed investigate the contributions of teaching Physics proposal for the Youth and Adult Education (YAE) supported in the premises of meaningful learning (AUSUBEL, 2003; MOREIRA, 2011; NOVAK & GOWIN, 1996) and the dialogic and emancipatory education (FREIRE, 2011, 2013) featured for utilization of Experimental Demonstration Activities (EDA). The Hydrostatic topic was explored based in a recurrent approach with six cycles, each one composed of three steps: conceptual, experimental and synthesis of the knowledge. In the first step of each cycle, the teacher exposes the topics in a dialogic form and discovers the prior knowledge of the student. In the second step, the Experimental Demonstration Activities is applied by the students, who perform their experimental proposals to the class. In the synthesis of the knowledge step, the teacher recovers the studied concepts, experiments and completes the cycle. The intervention was performed in the second half of 2014 with fourteen students of a Safety Work Technical Course integrated with high school in YAE modality in a Federal Institution situated in Vitoria - Espírito Santo. Was applied eight questionnaires, two conceptual maps, one traditional evaluation, data from the EDA presentation and investigative practices. We realized that the proposed methodology amplified the dialogue between teacher and students, giving the opportunity to active involvement of students in the teaching process, enabled the demonstration of knowledge by the students and the renegotiation of scientific concepts meanings with the teacher. Was clear the insecurity of the students in front of a new knowledge, but they are able to recognize this change in their cognitive structure. We conclude that the EDA proved an efficient proposal for a procedural evaluation and also crossed the teaching of physics beyond the classroom. We pointed out the need for a flexible approach that respects the learning time of the student and that contribute to his emancipatory training; the proposal presented here revealed itself effective in attending the specific problems and training needs of YAE students.

Key Words: Teaching of Physics; Youth and Adult Education; Experimental Demonstration Activities.

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Categorização dos trabalhos encontrado na revisão de literatura	33
Tabela 5.1: Avaliação dos alunos quanto ao uso de alguns recursos educacionais	91
Tabela 5.2: Organização temporal das aplicações dos QI e número de alunos participantes	95
Tabela 5.3: Índice de desempenho dos alunos e conhecimento autodeclarado ao longo das etapas experimentais	96
Tabela 5.4: Classificação do percentual de respostas por questão	125
Tabela 5.5: Conceitos listados e o percentual de mapas que apresentaram cada um dos conceitos	132
Tabela 5.6: Resultado da classificação dos mapas conceituais elaborados pelos alunos	134
Tabela 5.7: Percentual de respostas de cada pergunta obtidas no levantamento de opinião dos alunos	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 4.1: Detalhamento dos questionários intermediários aplicados durante a intervenção	70
Quadro 4.2: Detalhamento das questões presente na avaliação tradicional	73
Quadro 4.3: Detalhamento das propostas experimentais entregue aos alunos	77
Quadro 5.1: Categorias elaboradas para análise das respostas apresentadas pelos alunos	94
Quadro 5.2: Categorias para análise das respostas apresentadas pelos alunos na avaliação tradicional	124
Quadro 5.3: Categorias de análise da classificação do MC	131
Quadro 5.4: Critérios utilizados para a classificação quantitativa do MC	131
Quadro 5.5: Apontamentos positivos presentes nas respostas dos alunos	147
Quadro 5.6: Apontamentos negativos presentes nas respostas dos alunos	148

LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1: Diagrama que mostra o fluxo de procedimentos realizado em cada ciclo	63
Figura 4.2: Apresentação dos principais conceitos abordados em cada ciclo	64
Figura 4.3: Materiais disponibilizados para a prática investigativa	72
Figura 4.4: Sequência de encontros utilizados para a intervenção	78
Figura 4.5: Aluno manipulando as provetas com quantidades iguais de mercúrio e água	80
Figura 4.6: Alunos durante a realização da prática investigativa	84
Figura 4.7: Alunos durante a intervenção	85
Figura 5.1: Diagrama em barras que apresenta a idade dos alunos participantes da pesquisa e o tempo que permaneceram afastados da escola	87
Figura 5.2: Questão presente no questionário intermediário I	94
Figura 5.3: Desempenho dos alunos antes e depois das apresentações das PE	98
Figura 5.4: Autoavaliação dos alunos realizada ao longo das etapas experimentais	98
Figura 5.5: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 1ª etapa experimental	102
Figura 5.6: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 2ª etapa experimental	102
Figura 5.7: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 3ª etapa experimental	103

Figura 5.8: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 4ª etapa experimental	103
Figura 5.9: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 5ª etapa experimental	104
Figura 5.10: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 6ª etapa experimental	107
Figura 5.11: Correlação entre as respostas apresentadas pelos alunos na avaliação tradicional e o grau de segurança assinalado pelo aluno	128
Figura 5.12: Categorização das respostas apresentadas pelos alunos na avaliação tradicional e seus respectivos percentuais	129
Figura 5.13: Mapa conceitual e texto explicativo elaborado pelo aluno A1 antes da intervenção	135
Figura 5.14: Mapa conceitual e texto explicativo elaborado pelo aluno A1 após a intervenção	136
Figura 5.15: Mapa conceitual e texto explicativo elaborado pelo aluno A14 antes da intervenção	138
Figura 5.16: Mapa conceitual e texto explicativo elaborado pelo aluno A14 após a intervenção	139
Figura 5.17: Percentual de faltas dos alunos durante a intervenção	144

LISTA DE SIGLAS

AED – Atividades Experimentais Demonstrativas

CA – Conhecimento autodeclarado

Capes – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

CBEF – Caderno Brasileiro de Ensino de Física

DCN – Diretrizes Curriculares Nacionais

EE – Etapa Experimental

EJA – Educação de Jovens e Adultos

EMJAT – Ensino Médio para Jovens e Adultos Trabalhadores

GS – Grau de segurança

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

ID – Índice de desempenho

Ifes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo

LDB – Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional

MC – Mapa Conceitual

MD – Média de desempenho

MNPEF – Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

PE – Proposta Experimental

PNLD – Plano Nacional do Livro Didático

Proeja – Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos

QI – Questionário Intermediário

RBEF – Revista Brasileira de Ensino de Física

RBPEC – Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências

TCLE – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO	17
1.1 Panorama da pesquisa	17
1.2 A Educação de Jovens e Adultos	22
1.3 Justificativa da pesquisa	26
1.4 Problema da pesquisa	27
1.5 O contexto geral da pesquisa	27
1.5.1 Abordagem qualitativa como referencial metodológico	27
1.5.2 Os sujeitos da pesquisa	28
1.5.3 O local da intervenção	28
1.6 Objetivos da pesquisa	29
1.6.1 Objetivo geral	29
1.6.2 Objetivos específicos	30
1.7 Organização da dissertação	30
CAPÍTULO 2: REVISÃO DE LITERATURA	31
2.1 A metodologia utilizada na revisão de literatura	31
2.1.1 Abordagem experimental no ensino fundamental	34
2.1.2 Abordagem experimental no ensino médio	36
2.1.3 Abordagem experimental no curso superior	38
2.1.4 Abordagem experimental na formação de professores	39
2.1.5 Novas perspectivas para a utilização das atividades experimentais	41
2.1.6 Trabalhos relacionados à Educação de Jovens e Adultos	45
CAPÍTULO 3: REFERENCIAL TEÓRICO	50
3.1 A Teoria da aprendizagem significativa	50
3.1.1 Aprendizagem significativa <i>versus</i> aprendizagem mecânica	52
3.1.2 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa	53
3.1.3 A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação do conhecimento	54
3.1.4 A função dos organizadores prévios	56
3.1.5 A avaliação da aprendizagem significativa	57

3.2	A educação dialógica e emancipatória de Paulo Freire	58
CAPÍTULO 4: PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS		63
4.1	A proposta de ensino estruturada	63
4.1.1	Etapa conceitual	65
4.1.2	Etapa experimental	66
4.1.3	Síntese dos conhecimentos	67
4.2	Os instrumentos de coleta de dados utilizados	67
4.2.1	O questionário inicial	67
4.2.2	Os mapas conceituais	68
4.2.3	Os questionários intermediários	70
4.2.4	A prática investigativa	71
4.2.5	A avaliação tradicional	72
4.2.6	A gravação das aulas	73
4.2.7	O questionário de opinião	74
4.3	As propostas experimentais	74
4.3.1	A escolha dos experimentos	75
4.3.2	A estrutura das propostas experimentais	76
4.4	A sequência da intervenção	78
CAPÍTULO 5: ANÁLISE DE DADOS		86
5.1	Análise do questionário inicial	86
5.2	Análise dos questionários intermediários	93
5.3	Análise da prática investigativa	109
5.4	Análise da avaliação tradicional	123
5.5	Análise dos mapas conceituais	130
5.6	Análise do questionário de opinião	141
CAPÍTULO 6: CONSIDERAÇÕES FINAIS		150
CAPÍTULO 7: REFERÊNCIAS		157
APÊNDICES		165

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Nesse capítulo apresentamos as motivações que conduziram a realização deste trabalho, uma breve explanação sobre a Educação de Jovens e Adultos seguida pela problemática a ser investigada e a sua justificativa. A necessidade de uma proposta de ensino diferenciada para EJA e a escassez de trabalhos referentes à temática em questão revelam a importância desta pesquisa. Finalizando esse capítulo, apresentamos o contexto no qual foi executado a pesquisa, descrevemos seus objetivos e relatamos a organização desta dissertação.

1.1 Panorama da pesquisa

Neste trabalho, em alguns momentos direcionamo-nos ao leitor em primeira pessoa do singular por tratar-se de experiências da mestrandia enquanto professora, onde as asserções dessa estão implícitas. Entretanto, na maior parte dessa dissertação é utilizada a primeira pessoa do plural, referenciando as reflexões com outros autores e os procedimentos e as análises realizadas em conjunto entre pesquisadora e orientador.

A temática dessa pesquisa é o ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos (EJA). O art. 37 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) de 1996 (BRASIL, 1996) estabelece a EJA como uma modalidade de ensino destinada àqueles que não tiveram acesso ou continuidade de estudos no ensino fundamental e médio na idade própria. Essa modalidade atende a jovens e adultos de faixa etária diversificada, com conhecimentos múltiplos adquiridos ao longo da vida, objetivos e

anseios diferenciados. Surge com a função de resgate social, de sujeitos à margem do sistema de ensino, garantindo-lhes o direito a educação, consolidando-se assim como campo específico de conhecimento e de direito.

Com o objetivo de ampliar a oferta da EJA, associando a elevação da escolaridade com a educação profissional, foi criado, em 2005, o Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos (Proeja). Esse programa atribuiu a algumas instituições, entre elas as Escolas Técnicas Federais (atualmente Institutos Federais) a oferta, a partir de 2007, de cursos do Proeja.

Desde o ano de 2009, quando comecei a lecionar na Educação de Jovens e Adultos, ministrando aulas para turmas do Proeja do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (Ifes), tenho observado as dificuldades da maioria dos alunos em compreender os conteúdos abordados na Física e, principalmente, de relacioná-los com os fenômenos naturais que ocorrem em seu cotidiano. Percebi que esses alunos, ao longo da trajetória escolar, não foram estimulados a expor suas ideias e atuar ativamente na construção do conhecimento. Para a maioria desses estudantes, estudar é sinônimo de memorizar “as respostas que o professor quer ouvir” e transcrevê-las na avaliação aplicada, sem ao menos relacionar os conceitos estudados a situações concretas de seu dia-a-dia. Concluí que o modelo clássico de ensino a que esses alunos estavam submetidos se mostrava ineficiente na obtenção e produção do conhecimento, contribuindo para a falta de estímulo, reprovações e evasão escolar.

Apesar de lecionar desde 2000 em outras modalidades de ensino, as especificidades da EJA tornaram-se um desafio em minha atuação profissional. As desigualdades sociais que presenciamos em nosso país, somadas ao desrespeito com que é tratada a educação, principalmente àquela voltada para a parcela carente da população que se encontra em defasagem escolar, fizeram com que eu voltasse meu olhar para a EJA. Enxerguei nessa modalidade a possibilidade de uma intervenção social na intenção de contribuir para a formação de uma sociedade mais igualitária. No decorrer de minha experiência na Educação de Jovens e Adultos, vivenciei situações que revelavam o quanto a modalidade é “marginalizada” pelos próprios professores que lecionam na EJA, entendendo-a como de menor prestígio que o ensino regular, com os alunos não conseguem aprender e, portanto, não

possuem “lugar” na escola. Cabe ressaltar que o Ifes, desde 2001, ofertava o curso de Ensino Médio para Jovens e Adultos Trabalhadores (EMJAT) apresentando, uma maior experiência na EJA que a maioria dos outros Institutos. Mesmo assim, observei que uma parcela significativa dos professores trabalhava com concepções didáticas que não atendiam a essa modalidade, reproduzindo na EJA o mesmo tratamento do ensino regular. A EJA exige uma prática pedagógica de luta contra a exclusão social, fundamentada na ética e na valorização do educando. O entendimento de que o aluno da EJA é menos capaz, que apresenta mais dificuldades de aprendizagem e que não consegue aprender, pode ser reflexo de um ensino que não dialoga com os saberes desses estudantes.

Quando ingressei em 2013 no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF) – Polo 12, através das discussões realizadas durante as disciplinas, fomos instigados a questionar nossa prática docente. Pensar a abordagem da Física na EJA, no sentido do cumprimento dos objetivos propostos para essa modalidade, me fez perceber o quanto são necessárias a adoção de ações educativas com metodologias diferenciadas. Nesse contexto, algumas perguntas reverberavam em minha mente: Qual a função do ensino de Física na EJA? Quais conteúdos, de Física, devemos ensinar para essa modalidade de ensino? Como deve ser a abordagem metodológica para que o aluno atue ativamente e compreenda significativamente os conceitos estudados?

Para a primeira indagação, é inquestionável a importância da Física para a compreensão dos desenvolvimentos científicos e tecnológicos e dos fenômenos do nosso cotidiano, justificando assim a necessidade de estudá-la. Entretanto, a visão ingênua da ciência deve ser superada. O ensino deve contribuir para um posicionamento crítico do estudante frente à ciência, compreendendo-a como uma construção social de pessoas que trabalharam historicamente para o seu desenvolvimento e discutindo seus impactos e sua não neutralidade.

Quanto a questão dos conteúdos a serem ministrados, a análise dos documentos que abordam o ensino para essa modalidade trouxe a compreensão da flexibilidade do currículo legalmente posta para EJA, bem como o vínculo do conteúdo ao cotidiano desses alunos.

O terceiro questionamento determinou a necessidade do desenvolvimento desta pesquisa. Uma proposta de ensino que busca garantir o sucesso e a permanência

do aluno na escola, com enfoque potencialmente significativo dos conteúdos que são apresentados e assimilados de forma crítica por meio de uma abordagem que contribui para além dos conteúdos específicos da disciplina em questão tornou-se objeto de nossa investigação.

Nosso estudo teve início com a escolha dos referenciais que sustentariam nossa intervenção. Encontramos em Freire (2011, 2013) o aporte pedagógico para um ensino baseado no respeito, no querer bem aos educandos e na luta em defesa dos direitos desses sujeitos marginalizados. Através de Ausubel (2003), e de suas releituras, buscamos uma metodologia com recursos didáticos facilitadores da aprendizagem significativa. Utilizamos como principal estratégia de ensino as Atividades Experimentais Demonstrativas (AED).

Durante o primeiro semestre de 2014 estruturamos como seria a abordagem em sala de aula. Estabelecemos uma metodologia recorrente onde cada ciclo é composto por três etapas: conceitual, experimental e síntese dos conhecimentos. O procedimento é sempre recursivo, buscando a interação entre os conceitos estudados nos diversos ciclos. A preparação de todo o material que seria utilizado durante a intervenção, principalmente a escolha e a reprodução dos experimentos que seriam abordados, foi realizada nesse período. Em nosso estudo, a título de exemplo, exploramos os conceitos relacionados à Hidrostática. Os conceitos foram distribuídos em seis ciclos sendo densidade, pressão, pressão atmosférica, Leis de Stevin, Princípio de Pascal e Princípio de Arquimedes os tópicos discutidos em cada ciclo.

Na abordagem conceitual, primeira etapa do ciclo, o professor expõe o conteúdo, interagindo e dialogando com os alunos. Cabe ressaltar a importância de, nesse momento, o professor buscar o conhecimento prévio que o aluno possui, para que ensine a partir desse conhecimento. Em todos os tópicos estudados utilizamos os princípios ausubelianos, iniciando a abordagem conceitual com a apresentação de algum organizador prévio (texto, vídeo, experimento demonstrativo ou situação-problema). Esse procedimento possibilita a interligação entre o que o aluno sabe e o que se pretende ensinar. Na sequência, novos exemplos mostram as semelhanças e diferenças entre as situações apresentadas, visando a ancoragem do conceito na estrutura cognitiva do estudante.

A segunda etapa do ciclo está focada na utilização de Atividades Experimentais Demonstrativas. O uso de experimentação como estratégia de ensino de Física tem sido alvo de inúmeras pesquisas educacionais e a forma como a experimentação é utilizada difere uma da outra, dependendo do objetivo que se pretende atingir com o experimento. Acreditamos que as Atividades Experimentais Demonstrativas podem minimizar as dificuldades encontradas nos processos de ensino e aprendizagem da Física e potencializar a aprendizagem significativa na Educação de Jovens e Adultos, desde que sejam realizadas através de uma abordagem dialógica, participativa e sequencialmente organizada a partir dos pressupostos estabelecidos por Ausubel.

Em nossa proposta, as AED são selecionadas e organizadas pelo professor, mas são realizadas e apresentadas pelos alunos. Com isso, buscamos a ampliação da participação educando no processo de ensino, a externalização do conhecimento adquirido pelo estudante, a possibilidade de renegociação de significados dos conceitos estudados e o domínio do que está sendo estudado antes da introdução de novos materiais. Acreditamos também que tais atividades se apresentam como elemento motivador para o aluno e potencializam o êxito da aprendizagem sequencialmente organizada.

A terceira etapa corresponde a síntese dos conhecimentos. Nesse momento o professor retoma os conceitos e conclui o ciclo com a resolução de exercícios.

O local da intervenção foi a instituição onde a professora-pesquisadora lecionava e os sujeitos, alunos de uma turma na qual a pesquisadora era regente de sala. Como instrumento de coleta de dados utilizamos oito questionários, dois mapas conceituais, uma avaliação tradicional, dados provenientes da apresentação das AED e de uma prática investigativa (gravações em áudio e anotações no diário de campo da professora-pesquisadora). Esse trabalho apresenta o planejamento, o desenvolvimento e os resultados dessa proposta de ensino pensada em atender aos objetivos da EJA.

1.2 A Educação de Jovens e Adultos

Legalmente, desde a primeira Constituição brasileira de 1824 é garantida a instrução primária gratuita, para todos os cidadãos, o que, portanto, inclui os adultos. Entretanto, no contexto histórico dessa época a educação escolar das crianças não foi prioridade política e nem objeto de uma ampliação ordenada, muito menos a instrução de jovens e adultos (BRASIL, 2000).

Na Constituição de 1934 se reconhece, pela primeira vez em caráter nacional, a educação como direito de todos, colocando o ensino primário extensivo aos adultos como componente da educação e como dever do Estado (BRASIL, 2000).

Até a década de 1950, o analfabetismo no Brasil é concebido como causa, e não como efeito da situação econômica, social e cultural do país, apontando o adulto analfabeto como incapaz e marginal. A partir da década de 1960, com a ideologia disseminada por Paulo Freire, que norteia os principais programas de alfabetização e educação popular no país, o analfabetismo passa a ser interpretado como efeito da situação de pobreza gerada por uma estrutura social não igualitária.

O golpe militar de 1964 faz com que os programas de alfabetização e educação popular fossem vistos como ameaça à ordem vigente. Nessa época, o governo propõe a realização de programas de alfabetização de adultos meramente assistencialistas e conservadores. Nesse período, movimentos populares opostos à ditadura propõem a alfabetização de adultos, impulsionando a busca de uma adequação de metodologias e conteúdos às características etárias e de classe dos educandos.

Em 1971, o ensino supletivo é apresentado à população como uma escola que não defenderia interesses de classes e que atenderia a necessidade da modernização socioeconômica apresentada no país. Apresentava o objetivo de recuperar o atraso dos que não puderam cumprir sua escolarização na época adequada.

Dentro dessa lógica, a questão metodológica se ateu às soluções de massa, à racionalização dos meios, aos grandes números a serem atendidos [...] o Ensino Supletivo se propunha a priorizar soluções-técnicas, deslocando-se do enfrentamento do problema político da exclusão do sistema escolar de grande parte da sociedade. Propunha-se realizar uma oferta de escolarização neutra, que a todos serviria. (HADDAD; DI PIERRO, 2000, p.117)

A partir de meados da década de 80, após o fim da ditadura militar, grandes discussões dos direitos sociais resultaram na promulgação da Constituição Federal de 1988, sendo um de seus desdobramentos o reconhecimento social dos direitos das pessoas jovens e adultas à educação fundamental.

A LDB de 1996 estabeleceu a EJA como **modalidade de ensino**, firmando assim características próprias e reafirmando a necessidade da adequação da educação básica às condições peculiares de estudo para os jovens e adultos trabalhadores, lhes garantindo tratamento diferenciado.

As Diretrizes Curriculares Nacionais (DCN) para essa modalidade (BRASIL, 2000) apontam que a EJA deve ser pensada com um modelo pedagógico próprio, adequado às necessidades educacionais de jovens e adultos. Destaca, reiteradas vezes, a importância de considerar que esses alunos são diferentes dos que se encontram nas séries adequadas à faixa etária e que a EJA representa uma dívida social não reparada para com os que não tiveram acesso ou, por diversas razões, abandonaram a escola. Ressalta as funções **reparadora** (devolve ao cidadão o direito negado à escolarização), **equalizadora** (busca a igualdade de oportunidades de acesso) e **qualificadora** (viabiliza a atualização permanente do conhecimento) da EJA e a necessidade de haver reformulações que vão desde o currículo apropriado ao público em questão, até a formação docente adequada.

A Emenda Constitucional nº 59, de 11 de novembro de 2009, apenas consolida os direitos já estabelecidos em outros documentos oficiais, alterando o art. 208 em seu inciso I da Constituição Federal de 1988, estabelecendo a

[...] **educação básica** obrigatória e gratuita dos 4 (quatro) aos 17 (dezessete) anos de idade, **assegurada inclusive sua oferta gratuita para todos os que a ela não tiveram acesso na idade própria**. (BRASIL, 2015, grifo nosso)

De acordo com art. 21 da LDB, a educação básica é aquela formada pela educação infantil, ensino fundamental e ensino médio. Portanto, a Emenda Constitucional implica na ampliação do direito à educação, pois antes era constitucionalmente assegurado ao adulto apenas o ensino fundamental.

Entretanto, apesar do acesso a educação, Haddad e Di Pierro (2000) ressaltam a existência de uma nova modalidade de exclusão educacional de jovens e adultos. Apesar de terem passado pelo sistema de ensino, nele apresentaram aprendizagens

insuficientes para utilizar com autonomia os conhecimentos em seu dia-a-dia, sendo que:

A ampliação da oferta escolar não foi acompanhada de uma melhoria das condições de ensino, de modo que, hoje, temos mais escolas, mas a sua qualidade é muito ruim. A má qualidade do ensino combina-se à situação de pobreza extrema em que vive uma parcela importante da população para produzir um contingente numeroso de crianças e adolescentes que passam pela escola sem lograr aprendizagens significativas e que, submetidas a experiências penosas de fracasso e repetência escolar, acabam por abandonar os estudos. Temos agora um novo tipo de exclusão educacional: antes as crianças não podiam frequentar a escola por ausência de vagas, hoje ingressam na escola mas não aprendem e dela são excluídas antes de concluir os estudos com êxito. (HADDAD; DI PIERRO, 2000, p.125-126)

Para Medeiros (2005, p.9),

A crescente e perversa desigualdade entre a educação pública precária e de má qualidade para os cidadãos pobres versus uma educação privada de alta qualidade, para os que podem pagar por ela, é um dos efeitos de um modelo neoliberal de sociedade, em que nos vemos submergido.[...] democratizar o ensino não significa apenas criar mais escolas, mantendo os padrões elitistas e o privilégio social. Precisamos de uma educação democrática em sua estrutura, na mentalidade dominante, nas relações pedagógicas e nos produtos e processos educacionais.

Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) de 2010 mostram que, dos alunos que frequentavam o ensino médio em todo o território Nacional, 12,5% ficaram reprovados e 10,3% evadiram. Ainda nesse mesmo ano, a distorção entre a idade/série para o ensino médio chegava a 37,8%. Esses dados apontam que, mesmo com a ampliação ao acesso à educação básica, ainda não foram consolidadas formas efetivas de permanência e sucesso no ambiente escolar e reforçam a necessidade da oferta da EJA no Brasil.

Com o objetivo de atender a necessidade de uma política voltada para a EJA e contemplar o art. 37, §3º da LDB (BRASIL, 2008) que estabelece que a educação de jovens e adultos deva articular-se, preferencialmente, com a educação profissional, por meio do Decreto 5840 de 2006, originário do decreto 5478 de 2005 implanta-se, em 2007, o Programa Nacional de integração da Educação Básica e com a Educação Profissional na modalidade de Educação de Jovens e Adultos. O Proeja é implementado a partir da constatação da baixa inclusão de jovens de classes populares nos sistemas públicos de educação profissional no âmbito da Rede Federal de Educação e, ainda, busca unir a tradição em ofertar cursos de excelência com experiências inovadoras na oferta da EJA no Brasil. A finalidade era produzir uma formação essencialmente integral, comprometida com a formação de um sujeito com autonomia intelectual, ética, política e humana. Almejava-se a integração social

do educando, introduzindo-o no mundo do trabalho sem resumir-se a ele, possibilitando assim a continuidade de seus estudos, pautada na efetiva inclusão e equidade social, respeitando-se as diferenças e a diversidade.

O Documento Base do Proeja (BRASIL, 2007) traz críticas às políticas públicas voltadas para universalização da escola básica, onde as práticas pedagógicas permanecem reproduzindo o fracasso e a evasão escolar. O documento aponta ainda que a presença marcante de jovens na EJA vem desafiando os educadores, do ponto de vista das metodologias e das intervenções pedagógicas, obrigando-os a refletir sobre os sentidos das juventudes — e de seus direitos — que permeiam as classes de jovens e adultos. Destaca que o programa almeja romper com os processos contínuos de exclusão e, nesse contexto, estabelece a necessidade da formulação de uma proposta político-pedagógico específica.

[...] para que possa atender as reais necessidades de todos os envolvidos, e oferecer respostas condizentes com a natureza da educação que buscam, dialogando com as concepções formadas sobre o campo de atuação profissional, sobre o mundo do trabalho, sobre a vida. Os sujeitos alunos deste processo não terão garantia de emprego ou melhoria material de vida, mas abrirão possibilidades de alcançar esses objetivos, além de se enriquecerem com outras referências culturais, sociais, históricas, laborais, ou seja, terão a possibilidade de ler o mundo, no sentido freireano, estando no mundo e o compreendendo de forma diferente da anterior ao processo formativo. (BRASIL, 2007, p.36)

Destaca ainda que “[...] por ser um campo específico de conhecimento, exige a correspondente formação de professores para atuar nessa esfera [...]” (BRASIL, 2007, p.36), pois “[...] precisam mergulhar no universo de questões que compõem a realidade desse público [...]” (BRASIL, 2007, p.36).

Oferecer aos professores e aos alunos a possibilidade de compreender e apreender uns dos outros, em fértil atividade cognitiva, afetiva, emocional, muitas vezes no esforço de retorno à escola, e em outros casos, no desafio de vencer estigmas e preconceitos pelos estudos interrompidos e a idade de retorno, é a perspectiva sensível com que a formação continuada de professores precisa lidar. Dessa forma, é fundamental que preceda à implantação dessa política uma sólida formação continuada dos docentes, por serem estes também sujeitos da educação de jovens e adultos, em processo de aprender por toda a vida. (BRASIL, 2007, p.36-37).

Diante disso, a EJA, como modalidade de ensino voltada àqueles que não tiveram oportunidades escolares em idade adequada, evidencia o desafio pedagógico de garantir o acesso e permanência de sujeitos marginalizados nas esferas socioeconômica e educacional com o objetivo de possibilitar sua participação ativa no mundo do trabalho, da política e da cultura.

Inicialmente, a maioria dos estudantes nos programas voltados para a EJA eram pessoas maduras e idosas que buscavam integração sociocultural. Atualmente, tais programas passaram a acolher jovens com trajetória escolar malsucedida que mantêm com a escola uma relação de tensão e conflito aprendida na experiência anterior (HADDAD; DI PIERRO, 2000). Diante disso, mais um desafio é imposto a essa modalidade representado pela presença cada vez maior de jovens excluídos da escola regular que carregam consigo o estigma de alunos-problema e que buscam na EJA a aceleração de seus estudos. A presença de jovens, quase adolescentes, e adultos, muitos idosos, impõem aos educadores o desafio de trabalhar com diferenças etárias, culturais e de objetivos diferenciados quanto aos estudos. Assim, o que observamos é a urgência de uma prática educativa de luta pelos direitos negados frente à percepção de educação que reforça, na prática, a exclusão social.

1.3 Justificativa da pesquisa

Evidenciamos anteriormente a necessidade de uma abordagem peculiar para a EJA que contemple a especificidade de seus sujeitos. Entretanto, o que temos observado no ensino de Física é que se reproduzem na EJA as mesmas metodologias utilizadas no ensino regular por meio de um processo educativo que é baseado na transmissão de conteúdo sem nenhuma preocupação com as diferenças existentes entre os educandos, enfatizando os resultados da aprendizagem e pouco valorizando o processo.

Relatamos na revisão de literatura dessa pesquisa, a existência de estudos apontando a utilização das atividades experimentais como proposta para minimizar as dificuldades relacionadas ao ensino de Física no ensino médio e superior (QUINTAL e GUERRA, 2009; ARRIGONE e MUTTI, 2011; BAROLLI e FRANZONI, 2008), bem como sugestões para o ensino de Ciências no ensino fundamental (LOCATELLI e CARVALHO, 2007; SCHROEDER, 2007; LONGHINI, NUNES e GRILLO, 2011). Nessa mesma linha, verificamos que trabalhos referentes a essa problemática na Educação de Jovens e Adultos são escassos.

Relatos do Setor Pedagógico e dados do Registro Acadêmico do Ifes – *campus* Vitória revelam altos índices de reprovações na disciplina de Física na EJA. Depoimentos dos professores que lecionam para o EJA revelam a falta de apropriação dos conhecimentos discutidos anteriormente, mesmo para os alunos aprovados na disciplina. O tratamento uniforme dado pela escola só reforça a desigualdade e as injustiças sociais para com esses estudantes, sendo necessárias ações que busquem a adequação das metodologias de ensino com as reais necessidades de aprendizagem dos educandos.

Incontestavelmente, ainda há muito que fazer no campo de pesquisa em Educação de Jovens e Adultos principalmente no que cerne o ensino de Física consonante com anseios da EJA, sendo este trabalho uma contribuição para essa temática, justificando assim a execução do mesmo.

1.4 Problema da pesquisa

Uma proposta de ensino de Física embasada nos pressupostos do educador humanista Paulo Freire e do cognitivista David Ausubel, desenvolvida de acordo com a proposta de ciclos recursivos envolvendo a participação dos estudantes através das Atividades Experimentais Demonstrativas, facilita a promoção da aprendizagem significativa nos alunos da EJA?

1.5 O contexto geral da pesquisa

1.5.1 Abordagem qualitativa como referencial metodológico

Realizamos uma pesquisa em ensino de Física de natureza aplicada, qualitativa e descritiva, semelhante em alguns aspectos as características de pesquisa-ação (GIL, 1991). Porém a pesquisa-ação não foi nosso referencial metodológico.

1.5.2 Os sujeitos da pesquisa

Os sujeitos dessa pesquisa foram 14 alunos de um curso técnico em Segurança do Trabalho integrado ao ensino médio na modalidade de Educação de Jovens e Adultos do Programa Nacional de Integração da Educação Profissional com a Educação Básica na Modalidade de Educação de Jovens e Adultos. Desses sujeitos, 12 são do sexo feminino e 2 do sexo masculino. A média de idade dos sujeitos dessa pesquisa é de 28,86 anos e o tempo médio que permaneceram afastados do ambiente escolar foi de 8,71 anos.

1.5.3 O local da intervenção

O local da intervenção foi uma Instituição Federal de Educação do Espírito Santo localizada em Vitória. A aplicação da pesquisa em campo ocorreu no segundo semestre de 2014, sendo iniciada em 14 de outubro e finalizada em 16 de dezembro.

A escola em questão foi fundada em 1909, recebendo a denominação de Escola de Aprendizizes Artífices. Sua criação buscava atender aos pobres, visando o fim da violência e do crime, acreditando-se que a criminalidade tinha origem na ociosidade da classe popular. Em 1937, atendendo as mudanças de ordem político-social e econômica no país, foram transformadas em Liceus, com cursos mais voltados à indústria.

Em 1942, atendendo a uma reforma educacional, se torna Escola Técnica de Vitória, implementando um exame vestibular e iniciando um distanciamento dos pressupostos sociais para os quais foi fundada. Em 1959 as escolas técnicas, que inicialmente ofertavam apenas o ensino fundamental, passam a, preferencialmente, desenvolver estudos técnicos de 2º grau.

Em 1961 estabelece-se a total equivalência entre os ensinos secundário e profissional (médio e o técnico). A partir de 1965, recebe a denominação de Escola Técnica Federal do Espírito Santo, marcando o início de uma mudança no perfil do

ingressante nestas escolas. No início do século XX as escolas profissionalizantes atendiam aos filhos dos desfavorecidos economicamente, mas a partir dos anos 1970 elas passaram a ser disputada por adolescentes e jovens de classe média alta que almejavam o ensino superior.

Em 1997 ocorre a separação entre o ensino profissional e a educação geral, ficando clara a existência de duas redes: uma para acadêmicos (saber – elite dominante) e outra para trabalhadores (fazer – pessoas economicamente desfavorecidas), distinguindo especialistas de trabalhadores. As escolas técnicas passaram a se chamar Centros Federais de Educação Tecnológica, instituições especializadas na oferta de educação tecnológica nos diferentes níveis e modalidades de ensino, com prioridade na área tecnológica.

Em 2004, ascendem à condição de Centro Universitário e em 2008 passam a compor a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica. Institui-se assim os Institutos Federais de Educação, Ciências e Tecnologia, com cursos de ensino superior regulamentados, supervisionados e avaliados com os mesmos critérios das Universidades Federais e com autonomia para criar e extinguir cursos.

Evidenciamos assim, que o local no qual ocorreu a intervenção educacional foi, ao longo dos anos, sendo “elitizado”. Ao receber o Proeja retoma o cunho social de sua origem histórica, mas “vale destacar que para uma boa parte dos professores, o Decreto foi recebido como mais uma imposição do governo, uma vez que não escutou a sociedade civil.” (OLIVEIRA; SCOPEL; FERREIRA, 2013).

1.6 Objetivos da pesquisa

1.6.1 Objetivo geral

Investigar as contribuições de uma proposta de ensino de Física fundamentada nas premissas da aprendizagem significativa e na educação dialógica e emancipatória, que adota a utilização de Atividades Experimentais Demonstrativas como principal estratégia de ensino na EJA.

1.6.2 Objetivos específicos

- Ampliar as discussões das abordagens da Física e das formas avaliativas na EJA;
- Investigar a dialogicidade entre professor-aluno por meio da proposta aplicada;
- Identificar as contribuições das Atividades Experimentais Demonstrativas na proposta utilizada;
- Avaliar a proposta de ensino e o material instrucional utilizado durante a intervenção para a abordagem da Física na EJA.

1.7 Organização da dissertação

Essa introdução teve como objetivo situar o leitor sobre o contexto da pesquisa em questão e os propósitos deste trabalho de mestrado. Apresentamos no **Capítulo 2** a revisão de literatura, exibindo os artigos relacionados ao ensino de Física/Ciências atrelado à utilização do laboratório didático e de atividades experimentais, além de trabalhos que tratam do ensino de Física/Ciências na EJA. No **Capítulo 3**, exibimos o referencial teórico balizador dessa intervenção onde exploramos os princípios que norteiam a aprendizagem significativa e pontos das obras de Paulo Freire que inspiraram nossa proposta de ensino. Em seguida, no **Capítulo 4**, expomos os procedimentos metodológicos utilizados nessa pesquisa, descrevendo a metodologia aplicada na investigação e os instrumentos de coleta de dados utilizados. O **Capítulo 5** apresenta os dados coletados e as análises de seus resultados. Apontamos as considerações finais no **Capítulo 6** e, na sequência, o **Capítulo 7** apresenta as referências utilizadas. Os **Apêndices** apresentam os materiais utilizados durante a intervenção e, por fim, apresenta o produto final desta dissertação de mestrado.

CAPÍTULO 2

REVISÃO DE LITERATURA

Este capítulo de investigação documental descritivo relata o estudo de diversos artigos publicados, em periódicos selecionados, nos últimos oito anos, relacionados ao ensino de Física/Ciências atrelado a utilização do laboratório didático e de atividades experimentais, além de trabalhos que tratam do ensino de Física/Ciências na Educação de Jovens e Adultos.

2.1 A metodologia utilizada na revisão de literatura

Muitos estudos salientam que a utilização das atividades experimentais pode ser cativante e atuar como estímulo aos estudantes para se interessarem pelos conceitos estudados, com diferentes autores abordando distintas propostas para a utilização de tais atividades (SANTOS, 2011; GASPAR e MONTEIRO, 2005; SÉRÉ, COELHO e NUNES, 2003; BORGES, 2002; GALIAZZI *et al.*, 2001).

Araújo e Abib (2003) ressaltam que o uso da experimentação como estratégia de ensino de Física tem sido alvo de inúmeras pesquisas nos últimos anos, sendo que a forma e os meios com que a experimentação é empregada apontam para diversas tendências no uso desta estratégia. Quanto ao uso de demonstrações concluem que, embora elas geralmente sejam conduzidas inicialmente pelos professores, é fundamental que essa atividade propicie condições para que haja reflexão e análise por parte dos estudantes.

Para Borges (2002), as atividades experimentais devem propiciar ao aluno não somente a manipulação de objetos e equipamentos com o propósito de constatar

fatos e, sim, privilegiar o debate de interpretações e ideias sobre observações e fenômenos com o propósito de produzir conhecimento.

Acreditamos que as atividades experimentais podem contribuir para se alcançar a aprendizagem significativa, fazendo com que o aluno estabeleça relação entre a teoria e a prática. Porém, elas devem partir de questões relacionadas com a vida dos estudantes, que se constituam em problemas reais e desafiadores e que possibilitem reflexões acerca dos conceitos estudados e o diagnóstico sobre a compreensão dos estudantes de tais conceitos.

A fim de conhecermos um pouco mais sobre a produção acadêmico-científica relacionada ao ensino de Física/Ciências na EJA e sobre a utilização de atividades experimentais no ensino dessas disciplinas, realizamos esta revisão de literatura. Inicialmente escolhemos cinco revistas de acordo com os seguintes critérios: o livre acesso ao público; o acesso a suas edições via internet; a importância que possuem para a comunidade de pesquisadores em ensino de Física/Ciências e a relevante colocação no Qualis da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) na classificação de periódicos.

Esse levantamento foi realizado nas seguintes revistas:

- Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/ojs/index.php/rbef>, vinculada à Sociedade Brasileira de Física e com Qualis A1 na área de Ensino;
- Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica>, vinculado a Universidade Federal de Santa Catarina e com Qualis B1 na área de Ensino;
- Revista Ciência & Educação, disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_serial&pid=1516-7313&lng=pt&nrm=iso, vinculada ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista *campus* Bauru, com Qualis A1 na área de Ensino;
- Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (RBPEC), disponível em: <http://revistas.if.usp.br/rbpec>, vinculada a Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, com Qualis A2 na área de Ensino;

- Revista Física na Escola, disponível em: <http://www.sbfisica.org.br/fne/>, um suplemento semestral da Revista Brasileira de Ensino de Física destinada a apoiar as atividades de professores de Física do ensino médio e fundamental publicada de 2000 a 2012 com Qualis B2 na área de Ensino.

Levantamos dados a partir de 2007 até 2014. Porém, como a Revista Física na Escola encerrou suas publicações em 2012 e explicitamente destacava que seu objetivo era apoiar as atividades dos professores em sala de aula na educação básica, optamos por analisar todos 24 exemplares publicados. Artigos cujo objetivo era apenas apresentar um experimento e a explicação desse, sem maiores discussões sobre a importância da abordagem experimental, não estão apresentados nessa revisão.

A Tabela 2.1 mostra a abordagem dos trabalhos encontrados na revisão de literatura realizada nas revistas relatadas.

Tabela 2.1: Categorização dos trabalhos encontrado na revisão de literatura

Revista	Foco da temática investigada						Total de artigos
	A utilizações de atividades experimentais no (a)				Reflexões sobre o uso do laboratório	EJA	
	EF	EM	CS	FP			
RBEF	4	-	-	1	1	-	6
CBEF	-	3	1	3	4	-	11
Ciência & Educação	-	2	1	1	3	4	11
RBPEC	2	1	-	-	3	5	11
Física na Escola	2	2	-	1	3	-	8

EF: Ensino Fundamental; **EM:** Ensino Médio; **CS:** Curso Superior; **FP:** Formação de professores.

Observamos que a maioria dos artigos apresentam discussões sobre a utilização de demonstrações no ensino fundamental, no ensino médio e na formação de professores. Também encontramos pesquisas refletindo sobre a utilização do laboratório didático/experimento no ensino de Física/Ciências e sobre o ensino de Física/Ciências na EJA.

Percebendo a baixa incidência de pesquisas envolvendo a abordagem da Física na EJA, optamos por ampliar nossa revisão no portal de periódicos da Capes, buscando trabalhos específicos sobre essa temática. Nessa nova pesquisa, encontramos seis trabalhos: quatro sendo dissertações de mestrado e duas teses de doutoramento. Procuramos artigos oriundos desses trabalhos, no intuito de obtermos mais credibilidade, visto que os mesmos passam por análises criteriosas dos pareceristas das revistas. Encontramos dois artigos relacionados a essas pesquisas. Os demais, não conseguimos encontrar artigos relacionados em periódicos de fácil acesso via internet, mas também serão referenciados nessa revisão.

De acordo com a revisão realizada, constatamos diversas abordagens das atividades experimentais, sendo que poderíamos destacar a presença de dois focos: a discussão de novas perspectivas para as atividades experimentais para além da verificação de Leis/Teorias e a introdução do ensino de Física no ensino fundamental por meio de uma abordagem experimental. Evidenciamos a escassez de trabalhos envolvendo o ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos e uma carência ainda maior de pesquisas que apontam o uso de atividades experimentais para essa modalidade de ensino.

Classificamos os trabalhos encontrados em seis categorias, a saber: 1) Abordagem experimental no ensino fundamental; 2) Abordagem experimental no ensino médio; 3) Abordagem experimental no curso superior; 4) Abordagem experimental na formação de professores; 5) Novas perspectivas para a utilização das atividades experimentais e 6) O ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos. Apresentamos a seguir a descrição dos trabalhos encontrados.

2.1.1 Abordagem experimental no ensino fundamental

Agrupamos nessa categoria, os artigos relacionados ao uso de atividades experimentais no ensino fundamental. Apesar de não ser o foco de nossa pesquisa, o potencial desses trabalhos está em apresentar as estratégias utilizadas na

abordagem dessas atividades e os cuidados que o professor deve ter na condução das atividades experimentais.

Whitaker, Whitaker e Azevedo (2002) apresentam um relato de atividades desenvolvidas com crianças em idade pré-escolar, com objetivo de observar e compreender como a criança percebe e explica fenômenos da Física dos Fluidos.

Schroeder (2007) destaca a importância das aulas de Física desde as primeiras séries do ensino fundamental como auxílio ao desenvolvimento da autoestima e da capacidade de aprender-a-aprender das crianças, para além dos aspectos utilitários, tais como preparar os estudantes para os conteúdos do ensino médio.

Locatelli e Carvalho (2007) investigaram se os alunos do ensino fundamental encontram condições para desenvolverem, por meio da metodologia de ensino por investigação, argumentos que concordem com o padrão “se, e, então, e/mas, portanto”, muito presente em importantes descobertas científicas. Encontraram indícios de que as explicações dos alunos evoluíram, passando da coleta dos dados, da formulação e do teste de hipóteses para a verificação das relações entre as variáveis e para estabelecimento de sistemas de compensações.

Dias, Novikoff e Souza (2011) propõem a introdução de Laboratórios de Aprendizagem de Física em ambientes formais e não formais de estudo, utilizando oficinas de baixo custo, com base na abordagem dos 3 R's (Reduzir, Reutilizar, Reciclar).

Longhini, Nunes e Grillo (2011) investigaram uma situação de ensino e aprendizagem de conceitos relacionados ao tema “flutuação dos corpos” em estudantes dos anos iniciais do ensino fundamental partindo de atividades desenvolvidas em sala de aula, tendo por base uma metodologia de ensino que privilegiou a problematização, a manipulação de materiais e a interação entre alunos que possuem níveis de conhecimento distintos.

Campos *et al.* (2012) visando a divulgação científica nos primeiros anos de escola, investigaram a utilização de situações-problema envolvendo experimentos, percebendo o desenvolvimento de habilidades referentes à investigação e inferências feitas pelas crianças se aproximando dos conceitos relacionados à Física.

Silveira Junior e Arnoni (2013) apontam que o modelo usado nas escolas brasileiras, baseado nos tipos de educação tradicional e progressiva, transmite as informações sem a preocupação de mostrar o significado real dos fatos, não levando em conta o conhecimento da criança. Destacam que uma alternativa seria o uso da Metodologia da Mediação Dialética, que é composta por quatro etapas ou momentos pedagógicos: resgatando, problematizando, sistematizando e produzindo. Utilizando essa metodologia no estudo da queda livre dos corpos concluíram que a metodologia aplicada, aliada à atividade experimental, é um instrumento que potencializa a superação do saber imediato, via contradições, permitindo ao aluno compreender o saber científico.

Silva e Serra (2013) relatam uma investigação com atividades experimentais no ensino de ciências para comprovar a existência do ar, realizada com alunos da segunda série do ensino fundamental. Destacam o envolvimento e interesse dos estudantes pela investigação, mostrando que atividades desse tipo, podem contribuir para aspectos que vão muito além das questões específicas do saber científico, podendo atingir objetivos vinculados à dimensão afetiva, respeito às opiniões divergentes e valorização do trabalho em grupo.

Os trabalhos relatados corroboram com a importância do uso de atividades experimentais no ensino de Física e contribuíram para a escolha dos experimentos utilizados durante a intervenção. Contudo, reforçaram a crença de que é necessária uma abordagem metodológica específica para a EJA. A Educação de Jovens e Adultos constitui uma modalidade de ensino onde seus sujeitos apresentam experiências de vida – dentro e fora do ambiente escolar – que demandam práticas educativas diferenciadas.

2.1.2 Abordagem experimental no ensino médio

Dedicamos essa categoria aos artigos relacionados ao uso de atividades experimentais no ensino médio. Acreditamos que sua abordagem difere substancialmente daquela apresentada na seção anterior.

Julio e Vaz (2007) investigaram fatores cognitivos e subjetivos que desviam grupos de alunos do ensino médio, durante atividade introdutória de Física, da realização das tarefas de aprendizagem numa situação usual de sala de aula, procurando desenvolver instrumentos e procedimentos potencialmente úteis para observação de atividades em grupo em situações reais de sala de aula. Distinguiram o papel de cada membro no grupo, os fatores inconscientes a desviá-los da tarefa, os fatores que geraram conflito entre eles e identificaram os mecanismos que mantiveram o grupo em trabalho colaborativo.

Erthal e Linhares (2008) relatam a elaboração de uma proposta pedagógica de ensino das radiações eletromagnéticas, fundamentada na teoria de Vygotsky. Confeccionaram um material pedagógico contendo três atividades experimentais e um mapa de conceitos. Verificaram que o material pedagógico construído estava adequado para o nível de ensino escolhido e concluíram que houve um aprendizado de conceitos relacionados à natureza das radiações eletromagnéticas assim como de onde elas vêm sendo empregadas.

Quintal e Guerra (2009) descrevem uma pesquisa sobre a relevância da implementação da história da ciência, como agente influenciador no processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos do eletromagnetismo no ensino médio. Apresentam um curso, de caráter histórico-filosófico-sociológico, onde utilizam uma metodologia que mescla os experimentos com a teoria.

Darroz e Pérez (2011) oferecem uma alternativa para tornar os conteúdos físicos, ensinados em sala de aula próximos à realidade dos estudantes, apresentando uma atividade experimental que demonstra a existência da força de empuxo e que permite determinar a sua intensidade utilizando um experimento simples, com materiais alternativos.

Arrigone e Mutti (2011) relatam os resultados de uma investigação sobre a aplicação de pequenas experiências de cátedra durante aulas teóricas na área da óptica. Apontaram como resultado que os alunos compreendem a teoria de forma mais fácil e que a aula fica mais agradável.

Julio, Vaz e Fagundes (2011) investigaram o engajamento cognitivo, emocional e comportamental de um grupo de alunos do ensino médio durante a realização de uma atividade de investigação escolar e verificaram que a situação de aprendizagem

mobilizou múltiplos aspectos do engajamento dos alunos no nível da atividade e no nível da tarefa de aprendizagem. Concluíram que, sem o auxílio do professor, mesmo alunos hábeis e engajados ficam sujeitos a fugas inconscientes de tarefas de aprendizagem que exigem engajamento cognitivo.

Rosa e Alves Filho (2014), pautados no ideal de uma educação que prepara indivíduos autônomos, críticos e atuantes na sociedade, investigaram a possibilidade de se inserirem momentos explícitos de evocação do pensamento metacognitivo durante a realização de atividades experimentais de Física no ensino médio, obtendo resultados positivos.

Senra e Braga (2014), a partir de uma concepção de atividade experimental aberta, desenvolveram um projeto, com alunos de um curso técnico integrado ao ensino médio, de construção de um coletor solar para aquecimento de água utilizando materiais descartáveis com baixo poder de reciclagem e investigaram as reflexões empreendidas pelos alunos ao longo dessa atividade.

Claramente, a abordagem proposta nas atividades relatadas nesses trabalhos diferencia-se das utilizadas no ensino fundamental. Essa mudança é totalmente compreensível e esperada visto que o desenvolvimento cognitivo da criança e do adolescente, bem como os objetivos que se almejam alcançar com a atividade experimental, são distintos para as duas etapas escolar. Nesse contexto, reforça-se a necessidade de uma abordagem experimental na Educação de Jovens e Adultos que dialogue com as necessidades formativas de seus sujeitos.

2.1.3 Abordagem experimental no curso superior

Apresentamos nessa seção os dois trabalhos encontrados que discutem, exclusivamente, a abordagem experimental no curso superior.

Barolli e Franzoni (2008) analisaram o efeito das intervenções docentes no contexto de uma aula em que um grupo de estudantes de um curso de graduação desenvolvia uma atividade experimental num laboratório didático de Física. Sugerem que não é qualquer intervenção que pode colocar em marcha a articulação entre

ensino e aprendizagem e possibilitar novas experiências aos estudantes, bem como ajudá-los a rever suas crenças acerca de um determinado conhecimento e também, que uma experiência de aprendizagem só se configura quando o sujeito investe sua subjetividade no enfrentamento das dificuldades que experimenta em seu processo educativo.

Montino e Petrucci (2011) discutem a implementação de uma forma de trabalho prático de laboratório para o nível universitário onde defendem que o fato dos alunos terem os objetivos e conhecerem resultado que irão obter, contribui para a tomada decisão que os levam a executar o conjunto de tarefas com mais eficiência. A proposta parece gerar segurança nos estudantes, comprometimento, atitude lúdica e participação proativa, estabelecendo relações que promovem a aprendizagem da disciplina.

O experimento no curso superior é visto de modo bem distinto ao da educação básica, estando fundamentalmente reduzido a captação de dados para verificação de Leis/Teorias. Novamente, ratificamos que o modo como o experimento é introduzido e explorado sofre profundas mudanças quando seu “público” é alterado. Diante disso, urge a necessidade de uma abordagem ressonante com as peculiaridades da EJA.

2.1.4 Abordagem experimental na formação de professores

Essa seção apresenta os artigos que abordam o uso de atividades experimentais na formação de professores. Observamos que a maior parte desses trabalhos está relacionada à formação de professores que atuam no ensino fundamental.

Damasio e Steffani (2008) descrevem uma proposta para melhorar o ensino de Física nas séries do ensino fundamental por meio de um programa de qualificação de professores e aplicado em curso de extensão da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Estruturado em módulos, o curso contemplava diversos instrumentos e estratégias pedagógicas, através de aulas de laboratório, interação em sala de aula com textos que abordavam história da ciência, Física do cotidiano e discussão

de conceitos físicos. Após o curso, os professores aplicaram os conteúdos de Física aos alunos das séries iniciais do ensino fundamental utilizando oficinas.

Coelho, Nunes e Wiehe (2008) discutem resultados parciais obtidos em uma pesquisa visando à formação continuada de professores dos ensinos fundamental e médio, considerando a experimentação como eixo central e a aprendizagem numa perspectiva construtivista. Realizaram oficinas de investigação de fenômenos eletrostáticos com a construção de dispositivos experimentais usando material de baixo custo, abrindo um espaço para reflexão e análise crítica da prática pedagógica dos professores. Destacam que a proposta de formação parece promissora para consolidar mudanças metodológicas advindas de novas concepções e modelos de professor, diferentes daqueles considerados como tradicionais.

Longhini e Nardi (2009) apresentam um conjunto de situações-problema sobre o tema pressão atmosférica, aplicadas a futuros professores de Física em um curso de formação inicial. Tal estratégia pode ser desenvolvida com estudantes de ensino fundamental e/ou médio, cuja organização toma como ponto de partida algumas barreiras que eles devem superar para que compreendam fenômenos relativos à pressão atmosférica. Os resultados obtidos nesse trabalho apontam alguns cuidados a serem tomados pelos professores no desenvolvimento do tema.

Sebastiany *et al.* (2009) apresentam a análise das ideias de futuros professores de Ciências quanto a temática de Hidrostática, em específico sobre o processo de funcionamento de um sifão, apontando a existência de algumas concepções distintas sobre o tema e também obstáculos associados a essas concepções em relação à compreensão do ponto de vista científico dos fenômenos estudados.

Rodrigues, Coelho e Aquino (2009) apresentam os resultados parciais de uma pesquisa desenvolvida com o objetivo de investigar o perfil epistemológico, atitudes e reações de futuros professores de séries iniciais do ensino fundamental, num contexto de oficinas centradas na experimentação com materiais de baixo custo no campo da eletricidade estática. A metodologia experimental, além de ter favorecido o desenvolvimento cognitivo e de atitudes investigativas, possibilitou a conscientização de possíveis estratégias didático-pedagógicas inovadoras em sala de aula apesar de alguns professores apresentarem indícios de dificuldades de ruptura com modelos pedagógicos tradicionais.

Feitosa, Leite e Freitas (2011) investigaram as expectativas e dificuldades dos docentes para a implantação de atividades experimentais, durante a aplicação de um projeto de incentivo à reativação de laboratórios de aulas práticas de Ciências em escolas públicas por meio da interação universidade/escola pública, com o trabalho conjunto de professores em exercício e futuros docentes.

Os trabalhos relatados acima revelam a preocupação com a formação de professores de modo que os mesmos possam utilizar as atividades experimentais em suas aulas. A EJA, conforme já mencionado, apresenta particularidades e trata-se de uma área em processo de amadurecimento como campo específico de conhecimento e de direitos, tornando-se evidente a necessidade de formação específica para atuar nessa modalidade. Ressaltamos, nas seções anteriores, mudanças que ocorrem na abordagem experimental decorrente das diferentes etapas escolar e evidenciamos nessa seção a ausência de pesquisas voltadas para essa temática nessa modalidade de ensino. Com base no exposto, identificamos uma lacuna que deve ser preenchida, pois do contrário, os educandos continuarão a serem visto apenas como alunos que tiveram suas trajetórias escolares inconclusas e necessitam encerrá-la, minimizando assim a real função da EJA.

2.1.5 Novas perspectivas para a utilização das atividades experimentais

Os trabalhos a seguir apresentam importantes discussões sobre a abordagem das atividades experimentais.

Valadares (2001) apresenta um novo enfoque de divulgação científica voltado para a revitalização do ensino de ciências nas escolas dos ensinos médio e fundamental, tendo como meta a realização de projetos práticos de baixo custo visando o desenvolvimento da criatividade e da cidadania através de uma atitude proativa de alunos e professores.

Bonadiman e Nonenmacher (2007) propõem um ensino com ênfase na compreensão dos conceitos físicos e na relação destes com coisas e fatos do dia a dia. Descrevem uma metodologia de ensino de Física implementada no ensino

médio e no curso superior, com perfil construtivista, que valoriza a compreensão da ciência como produção humana e fundamenta o processo ensino aprendizagem na atividade experimental, de modo a articular o conhecimento formal da ciência com os saberes do aluno.

Figueiredo e Paula & Borges (2007) trataram questões relativas à visão que estudantes do ensino fundamental atribuem à função dos experimentos. Destacam a busca de alternativas para a experimentação e para o avanço da compreensão da função do laboratório no ensino de ciências.

Chagas e Martins (2009) buscaram identificar e relacionar diferentes textos sobre o laboratório didático enunciados por um grupo professores de Física e por pesquisadores da área de ensino de Ciências. Concluíram que o discurso dos professores não possui as mesmas características que as dos pesquisadores em ensino. Sugerem paralelos entre as visões expressas por sujeitos desses dois grupos na conceituação do laboratório, baseados na experiência docente, nas leituras e nas interações nos espaços de formação continuada.

Silveira e Medeiros (2009) destacam que a análise histórica, conceitual e experimental do desenvolvimento da Física pode contribuir positivamente no ensino da Física e apresentam o Paradoxo Hidrostático de Galileu como um exemplo que contribui para subverter a educação tradicional e ortodoxa em Física.

Pena e Ribeiro Filho (2009), a partir da análise de relatos de experiências pedagógicas publicados em periódicos nacionais da área de ensino de Física, investigaram as dificuldades apontadas por professores e/ou pesquisadores para o uso da experimentação no ensino de Física. Os resultados obtidos indicam que os principais obstáculos são: falta ou carência de pesquisa sobre o que os alunos realmente aprendem por meio de experimentos, despreparo do professor para trabalhar com atividades experimentais e condições de trabalho.

Oliveira e Mors (2010) apresentam algumas ideias e acontecimentos que precederam a construção do conceito de pressão atmosférica por Torricelli e reproduz um experimento histórico relacionado a essa temática.

Pereira e Barros (2010) discutem a utilização do laboratório destacando que sua contribuição para a aprendizagem vem sendo fartamente discutida a partir da última metade do século XX. Apresentam um projeto de produção de vídeos de curta

duração feitos pelos estudantes como estratégia alternativa para o laboratório de Física no ensino médio, cuja estratégia demonstrou ser profícua na medida em que os objetivos do trabalho experimental nas etapas de desenvolvimento levaram ao engajamento intelectual e a motivação dos alunos.

Pereira *et al.* (2011) relatam a utilização de demonstrações experimentais de Física em formato audiovisual produzidas por alunos do ensino médio, destacando o potencial pedagógico de tal estratégia à medida que os estudantes externalizam seu pensamento criativo ao produzir um vídeo envolvendo fenômenos físicos, fazendo uso espontâneo de recursos como música, dramatização, imagem, animação, entre outros. Concluem que a estratégia permitiu a flexibilização dos relatórios de atividades experimentais por meio do uso de recursos audiovisuais, quando comparada com as instruções estruturadas tradicionalmente utilizadas.

Cardoso e Takahashi (2011) apresentam o estado da arte sobre o uso da Experimentação Remota no ensino formal de Física, a partir do levantamento e análise de trabalhos sobre o assunto em revistas e periódicos de ensino e educação, no Brasil e no exterior, analisando artigos publicados em periódicos Qualis A, nacionais e internacionais, entre os anos 2000 e 2009. Destacam que as eventuais limitações na utilização desta ferramenta no ensino devem ser estudadas de forma aprofundada e suas potencialidades exploradas no sentido de suprir as necessidades de uma aula prática.

Andrade e Massabni (2011) abordam que as atividades práticas contribuem para o interesse e a aprendizagem em Ciências, especialmente quando investigativas e problematizadoras. Nesse contexto, estudaram como professores de Ciências do ensino fundamental percebem estas atividades, se são por eles utilizadas e os motivos para o seu uso/não uso no cotidiano da escola. Concluíram que raramente as atividades práticas são realizadas, que os professores valorizam as atividades práticas, apresentam dificuldades nesta utilização e as percebem apenas como complemento para as aulas teóricas.

Laburú e Silva (2011) refletem sobre o papel desempenhado pelo laboratório didático no ensino das ciências. Ao situar o laboratório didático, a partir de uma perspectiva semiótica baseada no referencial da multimodalidade representacional, defendem a importância desse espaço, na escola, para apropriação, consolidação e aprimoramento dos conceitos científicos.

Oliveira, Cassab e Selles (2012) discutem a produção de pesquisadores brasileiros acerca da experimentação no ensino de Ciências e Biologia, procurando identificar e compreender não apenas que aspectos e dimensões vêm sendo destacados e privilegiados em suas pesquisas, como também quais as lacunas ainda existem. A pesquisa analisou um conjunto representativo de 15 artigos publicados em 8 revistas no período de 1990 a 2009. Concluíram que a maior parte dos trabalhos está vinculada a pesquisas no ensino fundamental e analisa a experimentação a partir de referenciais cognitivistas. Nenhum dos estudos se apropria dos referenciais de cultura e de conhecimento escolar, embora aproximadamente metade dos artigos explicita a existência de diferenças entre a experimentação didática e a experimentação científica.

Rosa e Rosa (2012) indicam uma proposta didático-metodológica para organização das atividades experimentais realizadas em Física no ensino médio dentro de uma concepção construtivista com o objetivo de ofertar aos professores subsídios para estruturar suas aulas de laboratório de modo a primar pela realização de atividades voltadas à construção do conhecimento e não reduzida a procedimentos de simples repetições.

Percebemos assim as diferentes visões sobre a importância e abordagem das atividades experimentais. As pesquisas citadas trabalham na perspectiva crítica para o experimento, para além da manipulação de materiais, roteiros fixos e verificação de hipóteses. Aborda-se a prática experimental como um aspecto social, histórico, desafiador, emancipatório e de múltiplas possibilidades de aprendizagem (conceitual, procedimental e atitudinal). Assim, a superação de uma visão ingênua, mágica e determinística da ciência ressoa com os objetivos almejados na EJA para uma leitura crítica da realidade e superação da visão fatalista da mesma. Os trabalhos descritos nessa seção tornaram-se fontes de criação para uma abordagem experimental específica voltada para a prática em sala de aula junto àqueles que não tiveram oportunidade de estudar em idade considerada apropriada ou que foram de alguma forma forçados a abandonar a escola antes de concluírem a educação básica.

2.1.6 Trabalhos relacionados à Educação de Jovens e Adultos

Dedicamos essa categoria aos trabalhos relacionados à Educação de Jovens e Adultos, foco de nossa pesquisa. Nessa modalidade de ensino os alunos apresentam particularidades que os diferenciam substancialmente dos alunos do ensino fundamental e médio: a diversidade etária, a linguagem, os objetivos e as experiências escolares anteriores estariam entre os fatores que contribuem para essa distinção de público.

Espíndola (2005) apresenta os projetos didáticos como estratégia para o ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos. Pensando nos pressupostos teóricos da aprendizagem significativa, defende que a pedagogia de projetos torna a aprendizagem dos alunos adultos contextualizada, dando significado aos conceitos em seu mundo de vida e de trabalho.

Muenchen e Auler (2007a) apresentam desafios a serem enfrentados no âmbito de intervenções curriculares balizadas por uma aproximação entre pressupostos do educador brasileiro Paulo Freire e referenciais ligados ao denominado movimento Ciência-Tecnologia-Sociedade junto à Educação de Jovens e Adultos. Identificaram e discutiram os posicionamentos de professores da EJA quanto à utilização de temas/problemas de relevância social em suas aulas e entraves a serem enfrentados nas instituições escolares. Apresentam os resultados da pesquisa relativos ao trabalho interdisciplinar e a suposta resistência dos alunos à abordagem temática.

Muenchen e Auler (2007b), complementando o trabalho anterior desses mesmos autores, apresentam os resultados da investigação quanto aos desafios a serem enfrentados: a superação do reducionismo metodológico, ou seja, ao professor atribui-se o papel de “vencer programas” e o desenvolvimento de temas polêmicos que envolvem conflitos/contradições locais.

Vilanova e Martins (2008) buscando entender as articulações entre a Educação em Ciências e a Educação de Jovens e Adultos no contexto de mudanças na legislação que demandaram uma necessidade de diálogo entre estes campos da educação, realizaram a análise de um material que subsidia a elaboração de propostas curriculares de Ciências para a EJA em âmbito nacional. Apontam como resultados

que a proposta curricular para a EJA representa em muitos aspectos o discurso dos Parâmetros Curriculares Nacionais, o que reflete o caráter incipiente da discussão acerca da Educação em Ciências para jovens e adultos e indica uma identidade institucional em construção.

Lopes (2009), em sua tese de doutoramento, analisa os discursos obtidos em aulas de Física para alunos jovens e adultos do ensino médio buscando compreender os gestos de interpretação de alunos em condições de produção de leitura que envolve textos didáticos. Em seu trabalho, observa os limites e possibilidades da utilização de textos com esses alunos e conclui que os textos oportunizam aos estudantes refletir, produzir e expor a relação que estabeleceram com outros saberes anteriores internalizados e com as suas vivências.

Friedrich, Benite e Benite (2010) apresentam uma análise da proposta pedagógica do Programa Nacional de Inclusão de Jovens: educação, qualificação profissional e ação comunitária, destacando que, quanto à dimensão do ensino em Ciências e Matemática, parece cumprir, ainda que precariamente, apenas a certificação no sentido da escolarização. Denunciam que se instaura a função reparadora, como dívida social, que denota a restauração de um direito negado: uma escola de qualidade.

Pinto (2010) aborda em sua dissertação de mestrado a utilização de aparatos tecnológicos (vídeos interativos, softwares, etc.) e instrumentos musicais no ensino de Física na Educação de Jovens e Adultos buscando a aprendizagem significativa de conceitos relacionados à ondulatória.

Krummenauer, Costa e Silveira (2010) buscando ensinar significativamente conteúdos de Física para estudantes de ensino médio vinculados à Educação de Jovens e Adultos desenvolveram um trabalho resgatando a legislação sobre a EJA e os Parâmetros Curriculares Nacionais para o ensino médio. Propuseram assim, um ensino a partir das características profissionais comuns à maioria dos estudantes da região onde a intervenção foi realizada, utilizando como tema gerador o processo de produção do couro, tendo como aporte teórico as teorias de Paulo Freire, David Ausubel e Joseph Novak.

Moreira e Ferreira (2011) analisaram depoimentos de educandos acerca de suas vivências em uma prática educativa no ensino de Ciências e Biologia na EJA,

concluindo que uma prática educativa baseada em uma problematização inicial e levantamento dos conhecimentos prévios dos educandos possibilitou o desenvolvimento de habilidades de comunicação, interpretação, atitudes relativas a negociação e convivência coletiva.

Kutter e Eichler (2011) abordam aspectos sócio-históricos da EJA com o intuito de circunscrever uma segunda parte de relatos de uma experiência etnográfica vivenciada com um grupo de estudantes de uma escola pública. Realizaram um recorte analítico, acerca do tema Educação em Ciências na EJA, evidenciando duas categorias etnográficas: a categoria que agrupa alunos que assumem serem estudantes da EJA e a categoria de alunos que demonstram estarem alunos nessa modalidade. Descrevem os aspectos culturais do grupo social em questão e buscam uma reflexão sobre quais as repercussões que a linha pedagógica adotada na escola representa para este grupo social.

Freitas e Aguiar Júnior (2012) examinam os modos de intervenção e ação docente na EJA com o objetivo de engajar estudantes num processo de produção de sentidos que pudesse levá-los a um domínio e apropriação de conceitos científicos. Acompanharam o trabalho de um professor de Física e selecionaram para análise um episódio de ensino no qual professor e estudantes trabalham com o conceito de reflexão da luz e notaram que o acolhimento e incentivo do professor resultam em efetivo protagonismo dos estudantes na aula e, conseqüentemente, uma relação de coautoria no discurso da sala de aula e dos sentidos que vão sendo postos em circulação.

Rekowsky (2012) propõe no ensino de Física na EJA a aprendizagem de conceitos de termodinâmica e eletromagnetismo a partir do uso de processos e equipamentos culinários e conclui um apontamento positivo, tanto em termos de aprendizagem como em termos motivacionais.

Ribeiro, Munford e Perna (2012) partindo de um referencial que entende leitura como prática de letramento, investigaram práticas de leitura de licenciandos que atuavam como docentes em um projeto de ensino fundamental na Educação de Jovens e Adultos. Seus resultados indicam que os participantes descrevem o que chamam de “extrapolação” como aspecto significativo das práticas, emergindo da interação com os alunos, apresentando paralelos com diferentes noções de intertextualidade.

Costa e Echeverría (2013) discutem a contribuição da teoria sócio-histórica na análise dos processos de ensino-aprendizagem com o público de jovens e adultos, enfatizando a formação de conceitos e a importância da palavra nesse processo. As reflexões originam-se de um trabalho desenvolvido em um curso técnico integrado ao ensino médio na modalidade de Jovens e Adultos na disciplina de Química. Evidenciaram as dificuldades desse público em lidar com o pensamento abstrato concluindo a necessidade de uma profunda reflexão teórica acerca de propostas didáticas e curriculares para a Educação de Jovens e Adultos.

Erthal e Linhares (2013) discutem a implementação de uma estratégia didática desenvolvida em uma turma do Proeja conduzida a partir de atividades experimentais, exploradas numa perspectiva interacionista utilizando a temática queda dos corpos. Os resultados apresentados nesse artigo são parte da pesquisa realizada por Erthal em sua tese de doutoramento (ERTHAL, 2011) onde o pesquisador apresenta uma investigação que buscou identificar as particularidades na formação inicial de alunos da graduação em licenciatura em Física e na EJA estreitando as relações educacionais entre esses públicos. As estratégias didáticas utilizadas por esse autor basearam-se na ênfase em experimentos históricos e no ensino por investigação com o aporte da teoria de Vygotsky. Em sua tese, aponta a necessidade de um ensino de Física na EJA que priorize o desenvolvimento de outras habilidades que não exclusivamente as relacionadas à matemática e constatou que com a utilização de atividades experimentais o processo de ensino se torna mais eficiente e prazeroso. Salienta a necessidade de mudança na estruturação e nos objetivos das atividades experimentais de laboratório de Física devendo ser explorado com o intuito de possibilitar a reflexão dos estudantes sobre as suas próprias ideias acerca dos conceitos subjacentes ao aparato experimental. Ressaltamos algumas sugestões apresentadas em sua tese, que podem auxiliar no ensino de Física para a EJA: (1) abordar os conteúdos de forma a priorizar a teoria e os conceitos envolvidos, sua relevância histórica e suas aplicações atuais, de forma que a ênfase no ensino de Física seja dada a esses elementos e não à matematização, como vem ocorrendo em inúmeras salas de aula; (2) selecionar os conteúdos a serem abordados de acordo com a realidade vivenciada pelos estudantes; (3) fazer com que os alunos participem efetivamente das aulas, tirando deles o papel de simples espectadores, pois assim podem se interessar mais pela

disciplina e (4) realizar a leitura de textos junto aos estudantes de modo que possam desenvolver habilidades de leitura, interpretação, crítica e reflexão.

Na ausência de ações coletivas, é muito comum que cada docente busque solução para os problemas que enfrenta no processo de ensino de forma separada e isolada, pautadas apenas em seus pressupostos, buscando unicamente atender as suas expectativas sem a preocupação do contexto gerador da problemática. Nesse sentido, os trabalhos apresentados auxiliaram a compreender a mudança de postura necessária ao professor da EJA, pensando em um ensino que aborde temas socialmente relevantes e situações concretas para do mundo do estudante.

Apesar da quantidade pequena de textos relacionados ao ensino de Física na EJA, esses artigos colaboraram para reflexões sobre o uso do laboratório didático, fornecendo novas perspectivas para sua utilização, e para ponderações sobre o ensino de Física através de uma abordagem diferenciada para a Educação de Jovens e Adultos. Muitos experimentos relatados nos trabalhos abordados nessa revisão foram readaptados e utilizados nas Atividades Experimentais Demonstrativas que utilizamos em nossa pesquisa.

A partir da revisão de literatura efetuada percebemos a carência de trabalhos referentes ao ensino de Física na EJA e a falta expressiva de artigos publicados envolvendo Atividades Experimentais Demonstrativas na Educação de Jovens e Adultos. A formação de um educando crítico e transformador de sua realidade, para além da simples conclusão de escolaridade básica, só será efetivada com a mudança de postura do professor. A prática educativa do ensino regular não é condizente com a formação almejada para a EJA. Evidenciamos assim a urgência e a importância de ações nesse campo educativo tal como implementada nessa pesquisa.

CAPÍTULO 3

REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo abordamos os conceitos fundamentais relativos aos referenciais que embasam esta pesquisa. Exploramos as diferenças entre aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica, os princípios que norteiam a aprendizagem significativa e o processo avaliativo na perspectiva dessa teoria. No campo educativo, apresentamos o pensamento de Paulo Freire, destacando pontos de suas obras que nortearam a transposição de seus ensinamentos, originário da alfabetização de adultos, para o ensino de Física na EJA.

3.1 A Teoria da aprendizagem significativa

A aprendizagem pode ser descrita como um processo através do qual adquirimos conhecimentos, desenvolvemos competências e habilidades e modificamos nossa forma de pensar, de ser e de agir. Ela incide sobre três domínios: cognitivo, psicomotor e socioafetivo. O primeiro, de natureza conceitual, corresponde ao saber-saber, sendo sua aprendizagem relacionada à compreensão de teorias, conceitos, regras, códigos, etc. O segundo, de natureza procedimental, corresponde ao saber-fazer, sendo a aprendizagem relacionada à capacidade de fazer, de resolver situações-problema que requerem habilidades manuais e procedimentos específicos. E o terceiro, de natureza atitudinal, corresponde ao saber-ser, estando relacionado as aprendizagens vinculadas aos sentimentos, atitudes, comportamentos, à capacidade de adaptação às mudanças, etc (ZABALA, 1998).

De acordo com a abordagem cognitivista, a aprendizagem ocorre através de uma mudança na estrutura cognitiva do sujeito sendo que a capacidade de aprender novos conceitos depende do conhecimento prévio e das estruturas cognitivas já existentes no indivíduo. As novas informações que o indivíduo recebe interagem com outras já existentes e provocam alterações cognitivas na sua estrutura.

Em 1963, David Paul Ausubel (1918 – 2008) publicou a obra *The Psychology of Meaningful Verbal Learning* apresentando a Teoria da Assimilação. Nela o referido autor explica a forma como se relacionam de modo seletivo, na fase da aprendizagem, as novas ideias potencialmente significativas com as ideias relevantes existentes (ancoradas) na estrutura cognitiva, introduzindo os conceitos de aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica. Em 2000, apresenta em sua obra *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*, traduzida para o português em 2003, uma visão atualizada da sua teoria da aprendizagem.

Ausubel (2003) defende que o principal processo de aprendizagem significativa ocorre por recepção e não por descoberta, sendo que o mesmo não é um processo passivo, pois exige ação e reflexão do aprendiz.

Apointa que todo material é potencialmente significativo, destacando que se o material já fosse significativo, o objeto da aprendizagem significativa (ou seja, a aquisição de novos significados) já estaria completado, antes de sequer tentar ou ocorrer qualquer aprendizagem. O significado verdadeiro (psicológico) surge quando esse significado potencial se transforma em novo conteúdo cognitivo, diferenciado e idiossincrático¹ num indivíduo particular, exibindo um mecanismo de aprendizagem significativa, como resultado de uma interação não arbitrária e não-literal com as ideias relevantes na estrutura do sujeito.

O significado psicológico é, invariavelmente, um fenômeno idiossincrático. Contudo, a sua natureza idiossincrática não exclui a possibilidade de significados sociais ou partilhados. Os vários significados individuais que os diferentes membros de uma determinada cultura atribuem aos mesmos conceitos e proposições são, no geral, suficientemente semelhantes para permitirem uma comunicação e uma compreensão interpessoal. [...] (ASUBEL, 2003, p.78)

¹Idiossincrático se refere a maneira de ver, de sentir e de reagir própria de cada pessoa. Isso implica que mesmo o conteúdo sendo exposto da mesma forma para todos os alunos por exemplo, cada pessoa aprende de maneira única e os significados atribuídos serão únicos daquele sujeito.

3.1.1 Aprendizagem significativa *versus* aprendizagem mecânica

Ausubel (2003) estabelece a existência de dois tipos de aprendizagem: a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica. A aprendizagem significativa ocorre quando a nova informação ancora-se em conceitos ou, em proposições relevantes, pré-existentes na estrutura cognitiva do aprendiz provocando a reorganização da mesma. Moreira (2011) destaca que esse processo não é apenas uma simples associação, mas sim uma interação entre os aspectos específicos e relevantes já existentes na estrutura cognitiva e as novas informações, por meio da quais essas adquirem significados e são integradas à estrutura cognitiva. Dessa forma os conceitos vão sendo reelaborados, tornando-se mais abrangentes e refinados. As informações são armazenadas de forma hierárquica, dos conceitos mais gerais para os mais específicos. Para ocorrência dessa aprendizagem, o conhecimento prévio do sujeito é fundamental e determinante.

Novos significados são os produtos substantivos da interação entre os significados potenciais no material de instrução e as ideias ancoradas relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz, tornando-se de forma sequencial e hierárquica parte de um sistema organizado. Mesmo um material logicamente significativo pode ser apreendido por memorização, caso o mecanismo de aprendizagem do aprendiz não seja significativo.

Na aprendizagem mecânica, as novas informações não interagem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. Nessa aprendizagem, as novas informações são interiorizadas de modo literal, ou seja, “ao pé da letra” como foi transmitido. O aprendiz limita-se a replicar as informações do mesmo modo como foi lhe exposto, sendo incapaz de incorporar novos exemplos além dos que lhe foram ditos. Quando um indivíduo adquire informações numa área completamente nova é natural que ocorra a aprendizagem mecânica dos conceitos, formando assim elementos na estrutura cognitiva que podem servir de âncora para a assimilação de novos conceitos e assim ocorra, a posteriori, a aprendizagem significativa dos mesmos.

De acordo com Ausubel (2003) as tarefas de aprendizagem por memorização não ocorrem em um vácuo cognitivo. Elas podem se relacionar com a estrutura cognitiva

de forma arbitrária e literal, o que não resulta na aquisição de novos significados. A aprendizagem por memorização não aumenta a substância ou a composição do conhecimento e sua duração, utilidade e significados são transitórios. Assim, o indivíduo só consegue interiorizar tarefas de aprendizagem relativamente simples e essas conseguem ficar retidas por curtos períodos de tempo, a não ser que sejam bem apreendidas. As tarefas apreendidas por memorização são altamente vulneráveis a interferência de materiais semelhantes, anteriormente apreendidos e descobertos de forma simultânea e retroativa.

Apesar de existirem diferenças marcantes entre a aprendizagem significativa e a aprendizagem mecânica, cabe ressaltar que essas não são dicotômicas em muitas práticas de aprendizagem, podendo ocorrer um contínuo entre a aprendizagem por memorização seguido pela aprendizagem significativa. Moreira (2011) destaca que: (1) a passagem da aprendizagem mecânica para a aprendizagem significativa não é automática, pois depende da existência de subsunçores adequados, da predisposição do aluno para aprender, de materiais potencialmente significativos e da mediação do professor; (2) a aprendizagem significativa é progressiva pois a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados que não é imediato e (3) a aprendizagem significativa envolve uma negociação de significados entre discente e docentes que não é imediata, podendo ser um processo longo.

A aprendizagem significativa é facilitada pela organização cuidadosa das matérias e das experiências de ensino, sendo a linguagem, a estrutura conceitual e o conhecimento prévio do aluno fundamentais para a aquisição do conhecimento.

3.1.2 Condições para a ocorrência da aprendizagem significativa

Segundo Ausubel (2003) a aprendizagem significativa envolve, principalmente, a aquisição de novos significados a partir do material de aprendizagem apresentado e para isso é necessário: (1) que o próprio material de aprendizagem esteja relacionado de forma não arbitrária (plausível, não aleatória) e não literal com aspectos relevantes da estrutura cognitiva, o que implica no material possuir um

significado lógico; e (2) que a estrutura cognitiva do aprendiz contenha conhecimento prévio relevante, com os quais se possa relacionar o novo material. É a interação entre os novos significados (potenciais) e os conhecimentos pré-existentes (subsunçores) que dá origem aos significados verdadeiros (psicológicos), sendo que, como cada indivíduo é único, cada estrutura cognitiva é única e todos os novos significados adquiridos serão, obrigatoriamente, únicos.

Moreira (2011) acrescenta ainda, para a segunda condição, que o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender e que, possivelmente, essa é mais difícil de ser satisfeita do que a primeira. Estabelece que não se trata exatamente de motivação ou de gostar da matéria e sim, predispor-se a relacionar, diferenciando e integrando, interativamente os novos conhecimentos aos seus conhecimentos prévios, produzindo novos significados tanto para os novos como para os conhecimentos preexistentes. Assim, a aprendizagem significativa é um processo interativo onde ambos os conhecimentos, novos e prévios, se modificam tornando os conhecimentos prévios mais estáveis e propícios a facilitar novas aprendizagens.

No entanto, em alguns casos o conhecimento prévio pode ser bloqueador, impeditivo da aprendizagem significativa [...] o conhecimento prévio é a variável que mais influencia a aprendizagem, mas nem sempre essa influência é construtiva. (MOREIRA, 2011, p.90-91)

Existem significados do cotidiano, chamados de concepções espontâneas, que em determinadas situações atuam como um bloqueador para a aquisição do conhecimento cientificamente aceito. Nesse ponto, destaca-se a importância da interação professor-aluno no processo de ensino e aprendizagem, pois é através dela que o aluno capta significados e o professor certificar-se que os significados captados são aqueles compartilhados pela comunidade científica.

3.1.3 A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação do conhecimento

A diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação do conhecimento são elementos fundamentais para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Diferenciar progressivamente consiste em tomarmos como partida as ideias mais gerais e, progressivamente, diferenciá-las com detalhe e especificidade. Corresponde ao modo como o conhecimento é representado e organizado na estrutura cognitiva humana: novas ideias e informações são aprendidas e retidas mais facilmente quando partimos de ideias mais inclusivas e especificamente relevantes. De acordo com Moreira (2011, p.20),

A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de significados de um dado subsunçor (um conceito ou uma proposição, por exemplo) resultante da sucessiva utilização desse subsunçor para dar significado a novos conhecimentos.

A reconciliação integradora, ou integrativa, é outro processo que ocorre durante a aprendizagem significativa no qual há o apontamento das semelhanças ou diferenças entre os conceitos relacionados. Esse processo estabelece as relações entre os diferentes conteúdos apresentados, mostrando as interligações entre eles. Para Moreira (2011, p.22),

[...] é um processo da dinâmica da estrutura cognitiva, simultâneo ao da diferenciação progressiva, que consiste em eliminar diferenças aparentes, resolver inconsistências, integrar significados, fazer superordenações.

A ocorrência da aprendizagem significativa implica na diferenciação progressiva dos novos conceitos adquiridos, e na reconciliação integrativa. “São as duas coisas, diferenciação progressiva e reconciliação integradora, acontecendo, intencionalmente, ao mesmo tempo [...]” (MOREIRA, 2011, p.43). Esses dois princípios devem nortear o planejamento do ensino dos conteúdos disciplinares, sendo que “o ensino deveria começar com aspectos mais gerais e inclusivos, mais organizadores, do conteúdo e, então, progressivamente diferenciá-los” (MOREIRA, 2011, p.43).

Consolidar o conhecimento corresponde a buscarmos garantir a aprendizagem do conceito trabalhado antes da introdução de um novo conteúdo. Vale ressaltar que é o aluno quem decide se deseja aprender significativamente um determinado conhecimento, cabendo ao professor buscar materiais e metodologias que potencialize tal aprendizagem. “A *consolidação* tem a ver com o domínio de conhecimentos prévios antes da introdução de novos conhecimentos” (MOREIRA, 2011, p.47). A aprendizagem significativa é progressiva, ou seja, o domínio de um determinado conceito pode demorar um tempo relativamente grande e depende da

captação de significados que envolvem uma negociação de significados por meio da linguagem.

Ausubel (2003) defende que a concretização de uma determinada ideia fica fortalecida ao máximo na memória caso seja discutida nos contextos em que for relevante, sendo que a repetição em multicontextos produz melhores efeitos do que dentro de um mesmo contexto.

Cabe ressaltar que a aprendizagem significativa constitui apenas a primeira fase de um processo de assimilação, sendo que a retenção e o esquecimento são as fases sequenciais, naturais e inevitáveis dentro da Teoria da Assimilação.

3.1.4 A função dos organizadores prévios²

O organizador prévio é um mecanismo pedagógico que pode auxiliar no estabelecimento de ligação entre o que o aprendiz sabe e aquilo que precisa saber. Esse organizador desempenha o papel de mediador, sendo apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusão do que os novos materiais a serem aprendidos.

O organizador prévio deve ser apresentado antes da introdução do conteúdo específico em questão sendo que, “pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação” (MOREIRA, 2011, p.30). Esse recurso permite que o aluno relacione os novos conhecimentos com seus conhecimentos prévios, auxiliando-o assim a perceber como os novos conhecimentos estão correlacionados às ideias anteriormente estabelecidas.

² A tradução da versão portuguesa do livro *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view* apresenta a tradução “ORGANIZADORES AVANÇADOS”. Julgamos que a nomenclatura adotada por Marco Antonio Moreira, ORGANIZADORES PRÉVIOS, é mais fidedigna aos pressupostos Ausubelianos.

3.1.5 A avaliação da aprendizagem significativa

Segundo Moreira (2011), o professor apresenta aos alunos os significados que são aceitos no contexto da matéria de ensino e que é de domínio do professor. Cabe ao aluno externalizar os significados captados. Se os significados apreendidos não correspondem aos cientificamente aceitos para o conteúdo em questão, cabe ao professor apresentá-los novamente, através de novas situações, novos exemplos, buscando uma negociação de significados com o aluno. Esse processo implica no diálogo em busca do compartilhamento de significados aceitos naquele contexto.

Nesse processo, professor e aluno apresentam responsabilidades distintas: o aluno deve externalizar os significados que captou e o professor tem a responsabilidade de verificar se os significados compreendidos pelo aluno são os compartilhados no contexto da matéria de ensino. Busca-se o compartilhamento de significados, sendo responsabilidade do professor o ensino e, do aluno, a aprendizagem. “A aprendizagem é pessoal e idiossincrática; o conhecimento é público e compartilhado” (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 21).

Moreira (2011) aponta que qualquer estratégia, instrumento, técnica ou método de ensino usados dentro de um enfoque comportamentalista do tipo certo ou errado promoverá a aprendizagem mecânica. Já a aprendizagem significativa, depende muito mais da postura do professor do que de modernas tecnologias de informação e comunicação, devendo agregar, sobretudo novas maneiras de avaliar.

A avaliação da aprendizagem significativa implica na busca da compreensão dos significados através da capacidade de transferência do conhecimento para novas situações, que implique na transformação do conhecimento adquirido. Essas situações devem ser propostas progressivamente. A avaliação deve ser recursiva e formativa, permitindo que o aluno aprenda com os erros e não seja punido devido a esses.

A aprendizagem pelo erro é natural na aprendizagem humana fora da escola, - erramos continuamente e aprendemos, continuamente, de nossos erros -, mas, na escola, o erro é punido. Além disso a escola vê o aluno como um receptor de respostas que devem ser memorizadas e reproduzidas (sem erros), mas, na verdade, o ser que aprende é um receptor, ou seja, um sujeito que percebe e representa o que lhe está sendo ensinado. (MOREIRA, 2011, p. 175)

Nesse contexto, a avaliação deve ser processual e progressiva, realizada em busca de evidências da aprendizagem significativa, cabendo ao professor mediar o processo e promover a negociação de significados.

3.2 A educação dialógica e emancipatória de Paulo Freire

Grande pesquisador e educador, Paulo Freire (1921 – 1997) aponta a educação como forma de intervenção no mundo e mostra ao professor os saberes necessários para uma prática educativa de luta contra as questões sociais vigentes.

Em sua obra *Pedagogia do Oprimido* (2011) destaca “a grande tarefa humanista e histórica dos oprimidos – libertar-se a si e aos opressores” (FREIRE, 2011, p.41) abordando a necessidade de uma pedagogia de luta pela liberdade, de alfabetização emancipatória e de batalha contra os opressores.

A nossa preocupação, nesse trabalho, é apenas apresentar alguns aspectos do que nos parece construir o que vimos chamando de pedagogia do oprimido: aquela que tem de ser forjada *com* ele e não *para* ele, enquanto homens ou povos, na luta incessante de recuperação da humanidade. Pedagogia que se faça da opressão e de suas causas objeto da reflexão dos oprimidos, de que se resultará o seu engajamento necessário na luta por sua libertação, em que esta pedagogia se fará e se refará. (FREIRE, 2011, p.43)

Em *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa* (2013), Freire aponta o ato de ensinar como sendo uma especificidade humana, marcado por uma pedagogia fundamentada na humildade, na ética, no respeito aos saberes, na autonomia do educando e no saber escutar. Estabelece como saber indispensável à prática docente a impossibilidade de desunir o ensino dos conteúdos da formação ética dos educandos e estabelece a educação como uma forma de intervenção no mundo. Mostra que estudar é repensar e não armazenar ideias alheias, já alfabetizar é conscientizar os educandos de seu papel no mundo e permitir atuações críticas e cada vez mais seguras em sua realidade.

Freire destaca a “*politicidade*” da prática educativa - de não poder ser neutra - apontando que aprender é construir, reconstruir, constatar para mudar. Enfatiza que ensinar exige a convicção de que a mudança é possível, de que o conhecimento é capaz de intervir na realidade. Aborda que,

É a partir desse saber fundamental – *mudar é difícil, mas é possível* – que vamos programar nossa ação político-pedagógica, não importa se o projeto com o qual nos comprometemos é de alfabetização de adultos ou de crianças, se de ação sanitária, se de evangelização, se de formação de mão de obra técnica. (FREIRE, 2013, p.77)

Na educação de adultos, é necessário considerar suas situações concretas existenciais, sociais, econômicas e políticas. Com ampla bagagem sócio-histórico-cultural, os aprendizes apresentam histórico escolar muitas vezes marcado por evasões e/ou reprovações que podem gerar sentimentos de inferioridade e de incompetência frente a sociedade.

De tanto ouvirem de si mesmos que são incapazes, que não sabem nada, que não podem saber, que são enfermos, indolentes, que não produzem em virtude de tudo isso, terminam por se convencer de sua “incapacidade”. Falam de si como os que não sabem e do “doutor” como o que sabe e a quem devem escutar. Os créditos de saber que lhe são impostos são os convencionais. (FREIRE, 2011, p.69)

Os adultos têm experiências de vida que influenciam as situações de aprendizagem e podem pensar que não são capazes de adquirir novos conhecimentos quando tem experiências de aprendizagem frustrantes em sala de aula.

Para Freire, a realidade social não existe por acaso, mas como produto da ação dos homens e por sua vez os homens são os produtos desta realidade. Essa realidade também não se transforma por acaso sendo que transformar a realidade opressora é tarefa histórica, é tarefa dos homens.

Assim, evidencia-se a Educação de Jovens e Adultos como uma forma de intervenção no mundo e de transformação de uma realidade. Destaca-se ainda que a tecnologia pode contribuir para essa “opressão” através da falta de acesso as mesmas ou da falta de “alfabetização tecnológica” para o seu manuseio. Nesse contexto, a educação também deve possibilitar o acesso e “alfabetização tecnológica” como forma de intervenção social e prática cultural para a liberdade. Essa libertação se faz por meio da conscientização do oprimido de que devem buscar a liberdade e essa luta se faz com engajamento.

Freire estabelece a concepção de educação bancária, baseada no ato de depositar, transferir ideias, anulando a dialogicidade, a criatividade, a criticidade do educando e atuando a favor dos interesses dos opressores. Traz grandes críticas a essa concepção e a desumanização oriunda desse “bancarismo”, enfatizando que “ensinar não é *transferir conhecimento*, mas criar as possibilidades para a sua produção ou a sua construção” (FREIRE, 2013, p. 24). Contrapondo a educação

bancária, defende a concepção problematizadora da educação, que se faz com os educandos - e não para os educandos – a partir de situações existenciais concretas desses sujeitos implicando na ação e reflexão dos homens sobre o mundo para transformá-lo. Destaca também que

O educador que aliena a ignorância, se mantém em posições fixas, invariáveis. Será sempre o que sabe, enquanto os educandos serão sempre os que não sabem. A rigidez dessas posições nega a educação e o conhecimento como processo de busca. (FREIRE, 2011, p.81)

É fato que o retorno do adulto a escola pode estar motivado por fatores externos, como obtenção de emprego, aumentos salariais, progressão na carreira, entre outros, e internos, como autoestima, qualidade de vida, etc., mas a motivação para aprender determinado conteúdo específico está relacionada com o que consideram relevante para as suas vidas e a aplicabilidade prática do conteúdo em questão. Freire (2011, p.96) aponta que “ninguém educa ninguém, como tampouco ninguém se educa a si mesmo: homens se educam em comunhão, mediatizados pelo mundo”. Na educação bancária, aprender resume-se a memorizar os conteúdos de maneira mecânica, sem significados. Na educação problematizadora, aprender requer apropriação da significação dos conteúdos, requer que o estudante assuma uma postura crítica perante os conteúdos que estão sendo ensinados. Assim, o diálogo torna-se elemento indispensável na educação problematizadora, que busca conversar com os educandos em busca da compreensão de suas necessidades, do conhecimento de seus conhecimentos, da procura por mudanças.

[...] O diálogo em que vai se desafiando o grupo popular a pensar sua história social como uma experiência igualmente social de seus membros vai revelando a necessidade de superar certos saberes que, desnudados, vão mostrando sua “incompetência” para explicar os fatos. (FREIRE, 2013, p.79)

Para Freire o professor deve incitar o aluno a fim de que ele, através dos materiais disponibilizados pelo professor, produza a compreensão do objeto em lugar de recebê-la, na íntegra do professor. Diante disso, insiste que ensinar não é transferir o conteúdo a ninguém, assim como aprender não é memorizar o perfil do conteúdo transferido no discurso vertical do professor.

[...] ensinar e aprender têm que ver com o esforço metodicamente crítico do professor de desvelar a compreensão de algo e com o empenho igualmente crítico do aluno de ir *entrando* como sujeito em aprendizagem, no processo de desvelamento que o professor ou professora deve deflagrar. (FREIRE, 2013, p. 116)

A dialogicidade é o fundamento básico para uma educação como prática da liberdade, pois “não é no silêncio que os homens se fazem, mas na palavra, no trabalho, na ação-reflexão” (FREIRE, 2011, p.108) e esse diálogo tem início na busca do conteúdo programático. Esse diálogo se faz com humildade e no reconhecimento da inconclusão dos seres humanos, pois, embora diferentes entre si, quem forma se forma e reforma ao formar e quem é formado forma-se e forma ao ser formado. Desse modo, não há docência sem discência, pois “quem ensina aprende ao ensinar e quem aprende ensina ao aprender” (FREIRE, 2013, p.25).

Como seres no mundo, os sujeitos da EJA apresentam conhecimentos prévios gerados por interações com esse mundo, sendo que a educação problematizadora deve “propor aos indivíduos dimensões significativas de sua realidade, cuja análise crítica lhe possibilite conhecer a interação de suas partes” (FREIRE, 2011, p.134). Assim, a educação dialógica implica na utilização de situações concretas presentes no cotidiano desses sujeitos e que concepções espontâneas, antagônicas às concepções cientificamente aceitas, sejam transformadas em situações de estudo que permitam “ultrapassar a sua experiência existencial focalista, ganhando conscienciosa da totalidade” (FREIRE, 2011, p.154). A educação científica também é uma forma de intervenção social e de prática libertadora.

Para Freire, a dialogicidade não nega a validade de momentos explicativos, narrativos, em que o professor expõe ou fala do objeto, mas destaca a importância de estimular a pergunta, a reflexão crítica sobre a própria pergunta, em face das explicações discursivas do professor. É fundamental que professor e aluno saibam que a postura deles é dialógica, aberta, curiosa, indagadora e não passiva, enquanto fala ou enquanto ouve. “O que importa é que professor e alunos se assumam epistemologicamente curiosos.” (FREIRE, 2013, p.83).

Entre os saberes necessários a prática educativa está o saber escutar: “O educador que escuta aprende a difícil lição de transformar o seu discurso, às vezes necessário, ao aluno, em um falar *com* ele.” (FREIRE, 2013, p.111). Nesse contexto, Freire aponta que a desconsideração total pela formação integral do ser humano e a sua redução a puro treinamento favorece o autoritarismo, sendo que os sistemas de avaliação pedagógica de alunos e professores tem assumido cada vez mais essa configuração antidemocrática.

Coloca também a luta em favor da compreensão e da prática da avaliação enquanto instrumento de formação crítica do ser humano, resistindo aos métodos silenciadores e de domesticação com que vem sendo realizadas: “avaliação que estimule o *falar a* como caminho do *falar com*” (FREIRE, 2013, p.114).

Destaca-se a humildade necessária nas práticas educativas, ressaltando que ninguém é superior a ninguém. Nesse contexto é preciso respeitar a “leitura do mundo” do educando, não necessariamente concordando com ela. Essa leitura do mundo revela em sua linguagem, também de classe, a inteligência do mundo que vem cultural e socialmente se construindo. Por fim, é no querer bem aos educandos que se concretiza a educação como especificidade humana.

Diante do exposto, evidenciamos que os dois referenciais apresentados, apesar da origem histórica completamente distinta, possuem grande ressonância entre si. Observamos que a visão freireana possui grande reverberação com os pressupostos ausubelianos produzindo uma consonância de ideias que foram aplicadas na intervenção proposta nessa pesquisa.

CAPÍTULO 4

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Entendendo que em uma Pesquisa em Ensino as metodologias de ensino e de pesquisa estão entrelaçadas, nesse capítulo descrevemos a metodologia aplicada na investigação realizada e os instrumentos de coleta de dados utilizados. Será apresentado o procedimento recursivo empregado nas diversas etapas, e o seu delineamento em sala de aula, elaborados a partir dos princípios da educação dialógica e emancipatória e das premissas da aprendizagem significativa.

4.1 A proposta de ensino estruturada

O trabalho em questão é o estudo de uma proposta de ensino que busca a aprendizagem significativa de determinados conceitos estudados em Física na Educação de Jovens e Adultos. As aulas que fizeram parte desta intervenção seguiram um método onde os procedimentos adotados se repetiam a cada ciclo. Os ciclos foram compostos por três etapas: conceitual, experimental e síntese dos conhecimentos, esquematizados na Figura 4.1.

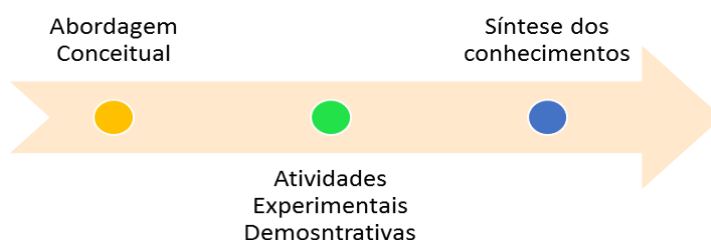


Figura 4.1: Diagrama que mostra o fluxo de procedimentos realizado em cada ciclo

Durante a intervenção aplicamos seis ciclos com os conceitos principais discutidos em cada ciclo apresentado no esquema da Figura 4.2.



Figura 4.2: Apresentação dos principais conceitos abordados em cada ciclo

A elaboração de todo o material utilizado na implementação da proposta seguiu os princípios pedagógicos de Freire (2011, 2013) e metodológicos de Ausubel (2003). Antes do início da intervenção em sala de aula, finalizamos todo o planejamento da pesquisa em campo e estabelecemos os recursos que seriam utilizados neste estudo. A intervenção teve início com a procura de indícios de subsunções, relativos à temática em questão, nas estruturas cognitivas dos alunos por meio da aplicação de um questionário inicial e da solicitação de elaboração de um mapa conceitual inicial. Os dados provenientes desses instrumentos fizeram com que adaptações fossem realizadas nos materiais elaborados, tais como a introdução da leitura de textos em sala de aula.

4.1.1 Etapa conceitual

Na proposta de ensino investigada, a primeira etapa do ciclo corresponde à abordagem conceitual, que é conduzida pelo professor. Essa abordagem é sempre iniciada com a apresentação de algum organizador prévio (vídeo, texto, demonstração experimental ou situação-problema). A função desse organizador é apresentar algo familiar ao aluno e tem como objetivo atuar como uma ponte entre o que o aluno sabe com o que desejamos ensinar. Acreditamos, com base nos referenciais que dão suporte a essa intervenção, que um ensino que parta de algo do cotidiano do aluno o incentiva a aprender. Esse organizador possui a função de favorecer o diálogo entre educador e educandos pois, além de permitir ao professor acessar os conhecimentos dos alunos sobre o assunto em questão, possibilita também que a intervenção parta desse conhecimento para assim buscar a apropriação dos novos conceitos. Busca-se a participação ativa através da interação entre professor-aluno e aluno-aluno, possibilitando debates críticos sobre a questão proposta, com os alunos expondo suas ideias e confrontando suas explicações com as dos outros colegas. Esse momento pode também proporcionar que o aluno identifique que as explicações utilizadas pelos mesmos para explicar determinadas situações apresentam limites, mostrando-se assim a importância da aquisição de novas informações.

Durante a apresentação e o debate do organizador prévio, o professor tem como função atuar como um mediador das discussões que forem surgindo. Após as discussões, novas situações, interessantes e potencialmente significativas, são apresentadas pelo professor buscando fornecer informações que permitam a articulação dos conhecimentos prévios dos alunos aos novos conhecimentos visando a ampliação do conhecimento do aluno. Durante todos os ciclos, as etapas são conduzidas tal que a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa ocorram de modo gradativo e simultâneo, na medida em que novos exemplos são propostos com diferentes abordagens, especificidade e complexidade. Buscamos mostrar semelhanças e diferenças entre as situações apresentadas de modo que as contradições aparentes, ou reais, sejam compreendidas pelos estudantes e assim ocorra a ancoragem do conceito em sua estrutura cognitiva.

Nesse processo encontramos semelhanças com a alfabetização abordada por Paulo Freire, na qual o aluno é exposto a um problema contextualizado ao seu cotidiano, uma situação concreta que permite a investigação e a reflexão sobre a realidade em que estão inseridos, analisando-a nos seus diversos aspectos, levando o aluno a compreender a importância e aplicação do conhecimento que está estudando. Para a situação aqui apresentada, acreditamos que estamos promovendo a alfabetização científica nesses estudantes, fazendo com que compreendam a ciência, sua forma de se expressar e os impactos por ela proporcionados em nossa sociedade.

4.1.2 Etapa experimental

Na segunda etapa, conduzida pelo aluno, ocorrem as apresentações das Atividades Experimentais Demonstrativas. Acreditamos que essas, quando realizadas por meio de uma abordagem dialógica e participativa, podem ser utilizadas para potencializar a aprendizagem significativa. Essas atividades são realizadas e apresentadas pelo aluno, de modo individual, mas são planejadas e organizadas pelo professor considerando a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação da aprendizagem.

Defendemos que a apresentação da atividade permite ao professor avaliar o processo de aprendizagem e possibilita, caso necessário, a sua intervenção no processo de ensino objetivando a ocorrência da aprendizagem significativa, sendo, portanto, uma forma de avaliação não tradicional e que atende o pressuposto legal de que a avaliação deve ser realizada de modo processual. Tais atividades também buscam o domínio do que está sendo estudado antes da introdução de novos materiais, a participação do estudante no processo de ensino e aprendizagem e se apresentam como elemento motivador para o aluno, potencializando assim o êxito da aprendizagem sequencialmente organizada.

4.1.3 Síntese dos conhecimentos

A terceira etapa volta a ser conduzida pelo professor. Nesse momento ocorre a resolução de cinco exercícios, que foram cuidadosamente selecionados pelo professor, possibilitando a aplicação dos conceitos estudados por meio de novas situações. A discussão dos experimentos realizados finaliza o ciclo.

4.2 Os instrumentos de coleta de dados utilizados

Para a coleta de dados foram utilizados os seguintes instrumentos: um questionário inicial, seis questionários intermediários, dois mapas conceituais, registros das apresentações das atividades experimentais e de uma prática investigativa, um questionário de opinião e uma avaliação tradicional ao término da intervenção. Os instrumentos que exigiam a leitura e o preenchimento por parte dos sujeitos desta intervenção, foram elaborados pela professora-pesquisadora e previamente validados por pares e por alunos voluntários em equidade com os sujeitos desta pesquisa.

4.2.1 O questionário inicial

O questionário inicial (APÊNDICE A), tinha como objetivo realizar um diagnóstico do perfil dos quatorze alunos do curso de Segurança do Trabalho do Proeja Ifes - *campus* Vitória que participaram dessa pesquisa e investigar seus conhecimentos prévios sobre conceitos básicos de Hidrostática. Tal questionário foi aplicado no primeiro encontro da intervenção sendo disponibilizada uma hora-aula (50 minutos) para o preenchimento do mesmo.

O questionário buscava obter informações pessoais como nome, idade, sexo dos alunos, o tempo que permaneceu afastado da escola e as informações sobre filhos.

Elaboramos ainda 20 perguntas que procuravam identificar as motivações dos alunos para o estudo do curso técnico em questão, para o estudo da Física e seus conhecimentos acerca do conteúdo de Hidrostática. Orientamos que o preenchimento do nome não era obrigatório garantindo assim maior liberdade para os alunos se expressarem. A análise dessas respostas determinaria os ajustes necessários no planejamento da intervenção, direcionando a abordagem do conteúdo para atender as necessidades específicas desses sujeitos.

4.2.2 Os mapas conceituais

Com o objetivo de investigar os conhecimentos dos alunos acerca da temática Hidrostática, antes e depois da abordagem desse conteúdo, solicitamos aos estudantes que elaborassem um mapa conceitual sobre o assunto em questão e que escrevessem um texto explicativo sobre o mapa elaborado (APÊNDICE B). Os sujeitos desta intervenção já possuíam familiaridade com a técnica de mapeamento conceitual, mas buscando facilitar a elaboração do mesmo, no sentido despertar no aluno seus conhecimentos prévios e/ou recordar os conceitos estudados, listamos 30 palavras-chave (conceitos listados) relacionadas ao tema proposto. Os mapas foram elaborados no segundo e no décimo quarto encontro da intervenção sendo disponibilizada nesses encontros uma hora-aula (50 minutos) para a estruturação dos mesmos.

O mapa conceitual é uma ferramenta que foi desenvolvida pelo pesquisador Joseph Novak e seus colaboradores e, potencialmente, pode auxiliar a busca por uma aprendizagem significativa. Novak e Gowin (1996) apontam que mapa conceitual é um recurso esquemático utilizado para representar um conjunto de significados conceituais incluídos numa estrutura de proposições, mostrando assim um resumo esquemático do que foi aprendido. Para Moreira (2011), mapas conceituais são diagramas de significados que buscam relacionar os conceitos hierarquicamente, não havendo regras gerais fixas para o traçado de tais mapas. O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos. A elaboração

de um mapa conceitual consiste então na organização dos conceitos e no estabelecimento de conectores entre esses, sendo os conceitos colocados dentro de figuras geométricas e ligados por linhas indicando, no entendimento de quem realizou o mapa, uma relação entre eles. A utilização de mapas conceituais pode permitir aos alunos expor suas ideias, criar, opinar e discutir o conteúdo em estudo (MENDONÇA, 2012). A análise dos mapas, como relatado por Novak e Cañas (2010), permite identificar a hierarquia e a relação entre os conceitos na estrutura cognitiva de quem elaborou o mapa.

Moreira (2011) afirma que os mapas conceituais podem ser utilizados como instrumento de avaliação da aprendizagem para obter uma visualização da organização conceitual que o aprendiz atribui a um dado conhecimento, sendo esse instrumento uma técnica não tradicional de avaliação que busca informações sobre os significados e relações significativas, na concepção do aluno, sobre um determinado tema específico. A utilização de mapas conceituais, como abordada nessa intervenção, está ligada à concepção avaliativa emancipatória e processual, onde os alunos participam do processo de forma crítica e ativa.

Novak (2000) estabelece que um dos problemas da avaliação tradicional é que os exames tradicionalmente aplicados não conseguem examinar mais do que uma pequena parte dos conhecimentos relevantes considerados na instrução e não oportunizam ao aluno mostrar como o conhecimento está organizado em sua estrutura cognitiva. Na EJA, considerando as especificidades de seus sujeitos, a utilização de mapas conceituais permite ao professor avaliar os progressos alcançados pelos alunos e estimular a participação dos mesmos no processo de construção do conhecimento.

A utilização de mapas conceituais proposta nessa pesquisa está embasada nos trabalhos de Ferracioli (2007), Mendonça (2012), Moreira (2011), Novak e Cañas (2010), Novak (2000) e Novak & Gowin (1996).

4.2.3 Os questionários intermediários

Com o objetivo de investigar as contribuições das Atividades Experimentais Demonstrativas realizadas, elaboramos seis questionários intermediários (QI) (APÊNDICES C). Cada questionário foi aplicado antes e depois das apresentações das AED, sendo disponibilizado um total de 30 minutos para o preenchimento de cada um desses questionários.

O Quadro 4.1 sintetiza os questionários aplicados. As questões abordavam os conceitos estudados na etapa conceitual que seriam explorados nos experimentos apresentados e as perguntas (P1, P2, P3 e P4), que se repetiam em todos esses questionários, buscavam investigar as contribuições dos experimentos na construção de uma metodologia de ensino dialógica e potencialmente significativa.

Questionário intermediário			I	II	III	IV	V	VI
Questões	Número de questões		3	2	3	3	3	3
	Principal conceito abordado		Densidade	Pressão	Pressão atmosférica	Lei de Stevin	Princípio de Pascal	Princípio de Arquimedes
Perguntas	P1	Objetivo	Promover a autoavaliação do conhecimento do aluno acerca dos conceitos abordados antes das apresentações das PE.					
	P2		Promover a autoavaliação do conhecimento do aluno acerca dos conceitos abordados depois das apresentações das PE.					
	P3		Investigar as contribuições dos experimentos para a transposição dos conceitos para novas situações.					
	P4		Permitir ao estudante opinar sobre as atividades realizadas.					

Quadro 4.1: Detalhamento dos questionários intermediários aplicados durante a intervenção

Com exceção do segundo questionário, os demais possuíam três questões que deveriam ser respondidas pelos alunos, antes e depois da apresentação das AED, sem nenhuma fonte de consulta. Em todas elas solicitamos que o aluno assinalasse, após responder à questão, o grau de segurança com que redigiu sua resposta. Esse item permite inferir a convicção do conhecimento do aluno ao responder a situação proposta, colaborando com a análise das contribuições das AED na metodologia investigada.

4.2.4 A prática investigativa

Concluída a abordagem dos conceitos relacionados a Hidrostática, após o encerramento do sexto ciclo, utilizamos uma prática investigativa como instrumento de intervenção e coleta de dados, sendo dirigido para análise o registro em áudio da atividade e o roteiro semiestruturado (APÊNDICE D) preenchido com as observações dos alunos entregue ao término da prática. Em termos de pesquisa, essa atividade possuía os seguintes objetivos: analisar os diferentes procedimentos executados pelos alunos para as soluções dos problemas propostos e avaliar a apropriação dos conceitos estudados anteriormente.

Realizamos a atividade nos moldes de um laboratório aberto inspirados nos pressupostos metodológicos relatados por Azevedo (2004) e Carvalho (2014). Reconhecendo as especificidades da EJA e buscando minimizar as possíveis dificuldades que os alunos encontrariam para executar os procedimentos, propomos que a atividade colaborativa fosse realizada em dupla por meio de um roteiro semiestruturado categorizado³ como nível de investigação 2 (TAMIR, 1991, *apud* BORGES 2002). Partimos das seguintes questões: Como podemos verificar a massa específica de um líquido? E a densidade de uma esfera de vidro? Como podemos verificar o empuxo que atua sobre um cilindro de nylon imerso em água? Se emergirmos esse cilindro em óleo, o que ocorre com o valor do empuxo? O que ocorre com o empuxo sobre o cilindro se substituirmos o cilindro de nylon por um de metal?

Para a ação manipulativa disponibilizamos os seguintes materiais (Figura 4.3): balança digital de precisão, provetas, paquímetros, densímetros, dinamômetros, béquer, cilindros de nylon, cilindros metálicos, seringas, esferas de vidro de diferentes diâmetros, água, álcool, glicerina, mercúrio, óleo, shampoo e fluido automotivo. Cada dupla deveria escolher e analisar a massa específica de um dos líquidos disponibilizados, a densidade de uma das esferas de vidro, o empuxo que atua sobre um dos cilindros de nylon quando o mesmo estava imerso em água, o

³ Tamir (1991, *apud* BORGES, 2002) propõe a categorização das atividades investigativas em quatro níveis. No nível 2, apenas a situação-problema é dada, ficando para o estudante decidir como e que dados coletar, fazer as medições requeridas e obter conclusões a partir deles.

empuxo sobre esse mesmo cilindro quando esse fosse imerso no óleo e sobre um dos cilindros metálicos quando esse fosse imerso em água.



Figura 4.3: Materiais disponibilizados para a prática investigativa

Os alunos receberam orientações iniciais sobre a realização da atividade e os cuidados necessários para a manipulação dos materiais, com destaque especial para o mercúrio. Após concluírem o ciclo da resolução dos problemas experimentalmente (ação manipulativa), iniciamos a discussão da prática realizada.

4.2.5 A avaliação tradicional

A avaliação tradicional (APÊNDICE E), com 16 questões abordando os conceitos estudados durante a intervenção, foi aplicada no último encontro da pesquisa em campo com o objetivo de investigar a compreensão dos alunos acerca da temática Hidrostática. Disponibilizamos para a conclusão dessa avaliação duas horas-aula (1h40min).

Na elaboração desse instrumento avaliativo, reiteramos a utilização dos princípios ausubelianos, utilizando situações-problema que caminhavam desde questões próximas aos exemplos trabalhados até situações completamente novas, envolvendo complexidades distintas e em diferentes níveis de abstração. O Quadro 4.2 apresenta o detalhamento dos 21 itens presente na avaliação tradicional.

Questão	Principais conteúdos	Objetivos principais
1	Densidade	Investigar a compreensão sobre a posição de equilíbrio de uma esfera imersa em um líquido.
2	Densidade Peso Empuxo	Investigar a associação entre os conceitos de densidade, peso e empuxo em diferentes situações-problema.
3		
9A		
16	Densidade	Investigar a compreensão do aluno acerca do cálculo da densidade de um objeto como explorado na prática investigativa realizada no laboratório.
4	Pressão	Investigar a apropriação do conceito de pressão.
5		
6	Lei de Stevin	Investigar a compreensão da posição de uma caixa d'água e sua relação com a pressão hidrostática.
7		Investigar a assimilação da pressão hidrostática em situações semelhantes a realizadas em sala de aula através de diferentes situações-problema.
8A		
9B		
8B	Pressão atmosférica	Investigar a assimilação do conceito de pressão atmosférica.
10		Investigar a compreensão da variação da pressão atmosférica com a altitude.
11		Investigar a associação entre o movimento da matéria e a diferença de pressão.
12		Investigar a assimilação da mudança de pressão com a variação da temperatura em uma massa gasosa.
13	Princípio de Pascal	Investigar a assimilação do Princípio de Pascal
14 (A,B,C, D e E)	Princípio de Arquimedes	Investigar a compreensão dos procedimentos metodológicos utilizados na prática investigativa realizada no laboratório relacionadas ao conceito de empuxo.
15		Investigar a apropriação do conceito de empuxo.

Quadro 4.2: Detalhamento das questões presente na avaliação tradicional

4.2.6 A gravação das aulas

Para garantirmos o registro de todas as informações relevantes à pesquisa gravamos em áudio, com dois gravadores, todos os encontros realizados. Todos os alunos consentiram com esse registro.

4.2.7 O questionário de opinião

Buscando avaliar a opinião dos alunos em relação à proposta de ensino e os recursos utilizados aplicamos, ao término da pesquisa em campo, um questionário de opinião (APÊNDICE F). Disponibilizamos para o preenchimento desse questionário uma hora-aula (50min).

O questionário foi composto por 30 perguntas sendo 28 delas objetivas, respondidas através de uma escala *Likert*, e duas discursivas, nas quais solicitamos a avaliação dos pontos positivos e negativos da proposta de ensino aplicada. As questões diretas abordavam o nível de entendimento dos alunos relacionado ao assunto Hidrostática antes e depois da intervenção, a avaliação dos recursos instrucionais utilizados (aulas em slides, vídeos, textos, músicas, atividades experimentais demonstrativas e prática investigativa). Além disso, buscavam a avaliação das AED, dos exemplos utilizados pela professora e da prática investigativa. Solicitamos também que o aluno avaliasse sua motivação para a realização dos mapas conceituais, da avaliação tradicional e da prática investigativa.

4.3 As propostas experimentais

Denominamos de proposta experimental (PE) o material elaborado pela professora-pesquisadora e entregue a cada aluno no primeiro encontro da intervenção. As PE continham um aporte teórico, as AED que seriam realizadas e uma breve discussão sobre as observações que seriam realizadas durante a execução dos experimentos. Apesar de existir mais de uma proposta experimental abordando os mesmos conceitos, todas as PE eram únicas e os experimentos não se repetiam. Na proposta de ensino desta intervenção, seguimos a premissa de que a teoria precede as observações, as quais serão utilizadas para visualizar e consolidar os conceitos abordados na primeira etapa. As propostas experimentais organizadas também seguiram essa filosofia.

4.3.1 A escolha dos experimentos

A escolha dos experimentos que foram utilizados durante a intervenção foi realizada de forma extensa e sistemática. Os dois primeiros materiais consultados foram trabalhos que a professora-pesquisadora já tinha conhecimento: Saad (2005) que apresenta demonstrações relacionadas à pressão do ar e dos líquidos e Damásio e Steffani (2007) que trazem um apoio didático para o primeiro contato formal com a Física dos fluidos.

Prosseguimos a seleção analisando as propostas apresentadas nas 14 obras de Física aprovadas no Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2015 (ARTUSO e WRUBLEWSKI, 2013; BARRETO FILHO e SILVA, 2013; BONJORNIO *et al.*, 2013; DOCA, BISCOLOLA e VILLAS BÔAS, 2013; FUKU e YAMAMOTO, 2013; GASPAR, 2013; GONÇALVES FILHO e TOSCANO, 2013; MARTINI *et al.*, 2013; MÁXIMO e ALVARENGA, 2013; MENEZES *et al.*, 2013; PIETROCOLA *et al.*, 2013; PIQUEIRA, CARRON e GUIMARÃES, 2014; STEFANOVITS, 2013; TORRES *et al.*, 2013).

Ampliamos a pesquisa em duas páginas de livre acesso na internet: Pontociência e Feira de Ciências. Finalizamos a pesquisa nas revistas onde realizamos a Revisão de Literatura desse trabalho (Revista Brasileira de Ensino de Física, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Revista Ciência & Educação, Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências e Revista Física na Escola) filtrando os experimentos relacionados à Hidrostática publicados entre 2007 e 2014.

Após essa análise, 68 experimentos foram escolhidos e reproduzidos a fim de analisar a viabilidade de execução dos mesmos. O estudo analisou o fácil acesso aos materiais necessários para a elaboração do experimento, as dificuldades na execução, a viabilidade de ser realizado em sala de aula e a sua adequação ao objetivo almejado. Após essa análise, 32 experimentos foram selecionados e fotografados para comporem as propostas experimentais que seriam entregues aos alunos. Os experimentos foram distribuídos nas propostas experimentais seguindo os critérios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa.

4.3.2 A estrutura das propostas experimentais

Em todas as PE entregue a cada aluno apresentamos a data de execução da atividade e orientações sobre a mesma. As propostas apresentavam a mesma estrutura: aporte teórico, atividades experimentais demonstrativas e análise das observações realizadas.

No aporte teórico apresentávamos os conceitos relacionados à proposta em questão, sendo semelhante à apresentada em sala de aula durante a primeira etapa do ciclo. Sua função era auxiliar o aluno, conceitualmente, para a realização da atividade. Assim, essa seção forneceria as informações relevantes sobre os conceitos abordados nas AED e daria suporte ao aluno na explicação das observações realizadas durante os experimentos. A elaboração das propostas experimentais foi pensada através da consonância desse produto com as necessidades dos sujeitos para os quais foi planejado, sempre destacando semelhanças e diferenças entre as situações apresentadas. Durante a apresentação do aluno, buscamos identificar sua compreensão acerca do conteúdo em questão.

Dentro de cada proposta, a seção que abordava as AED apresentava a seguinte estrutura: objetivos, questão prévia e experimentos a serem realizados. Primeiramente apresentávamos ao aluno o objetivo que pretendia alcançar com a execução dos experimentos. Em seguida, apresentávamos uma questão, relacionada ao experimento, mas não sobre o experimento, que buscava mostrar a importância, e aplicação, do conceito estudado e apresentado na proposta. Por fim, apresentávamos ao aluno a proposta a ser executada com os materiais necessários para a execução, os procedimentos a serem efetuados e as observações a serem realizadas.

A última seção discutia as observações realizadas durante a execução do experimento e respondia também à questão prévia sobre a atividade.

O APENDICE G ilustra, e o Quadro 4.3 resume, as quatorze propostas experimentais, que totalizaram 32 experimentos, que deveriam ser executados individualmente pelos sujeitos dessa intervenção educacional. Seguindo os pressupostos ausubelianos já mencionados, buscamos com a sequência estabelecida para ordem de apresentação dos experimentos que o aluno faça a

diferenciação e integração dos conceitos que estão sendo estudados e, ao final do processo, consiga interligá-los e inserir novos exemplos além dos trabalhados.

PE	Principais conceitos	Número de experimentos	Questão Prévia	Execução da apresentação
1	Densidade	3	Por que um navio, mesmo sendo feito de chapas de metal, consegue flutuar na água? Por que uma âncora, pequena e leve quando comparada ao peso do navio, afunda na água para segurar esse mesmo navio?	3º encontro
2		2		
3	Massa específica Líquidos miscíveis e imiscíveis	3	Você já deve ter observado que quando ocorre algum derramamento de óleo no oceano, como acidentes envolvendo plataformas de exploração de petróleo ou navios que transportam combustíveis, o óleo fica em cima da água. Será que o óleo sempre fica na superfície dos líquidos, qualquer que seja esse líquido?	
4	Pressão	2	Porque os trilhos de uma estrada de ferro são apoiados sobre dormentes?	5º encontro
5	Pressão atmosférica	3	Se a pressão atmosférica realmente existe, por que “não a sentimos”? Por que ela não nos esmaga?	6º encontro
6		3		
7		2		
8	Lei de Stevin	2	Em alguns filmes, observamos acidentes que envolvem veículos caindo na água. Nessas cenas, é possível perceber que, se os vidros estiverem fechados, a água não penetra imediatamente no interior do veículo e os ocupantes possuem dificuldades para abrir a porta do carro ou até mesmo para quebrar o vidro. Essa cena é correta? Se sim, por que isso ocorre?	7º encontro
9		3		
10		3	Você já observou o sistema de sifão utilizado para esvaziar aquários? Como funcionam esses sifões	
11	Princípio de Pascal	2	Você já percebeu, ou ouviu falar, como é mais fácil dirigir e frear um veículo que possui o sistema hidráulico (direção hidráulica/freio hidráulico)? Ao pisar nos freios de um carro, por exemplo, fazemos pouco esforço, mas conseguimos pará-lo. Como isso ocorre?	9º encontro
12		1		
13	Princípio de Arquimedes	1	O que ocorre com a água de uma piscina completamente cheia quando uma pessoa entra dentro dela? Por que uma pessoa, quando submersa na água de uma piscina, é facilmente carregada no colo?	11º encontro
14		2		

Quadro 4.3: Detalhamento das propostas experimentais entregue aos alunos

4.4 A sequência da intervenção

Descreveremos nessa seção a sequência dos 15 encontros (Figura 4.4), totalizando 30 aulas de 50 minutos cada, disponibilizadas para a intervenção bem como os procedimentos adotados em cada momento. Destacamos que é apresentada a versão aplicada, que difere do planejamento inicial, visto que observações realizadas durante o processo de intervenção determinaram adaptações para a mesma.

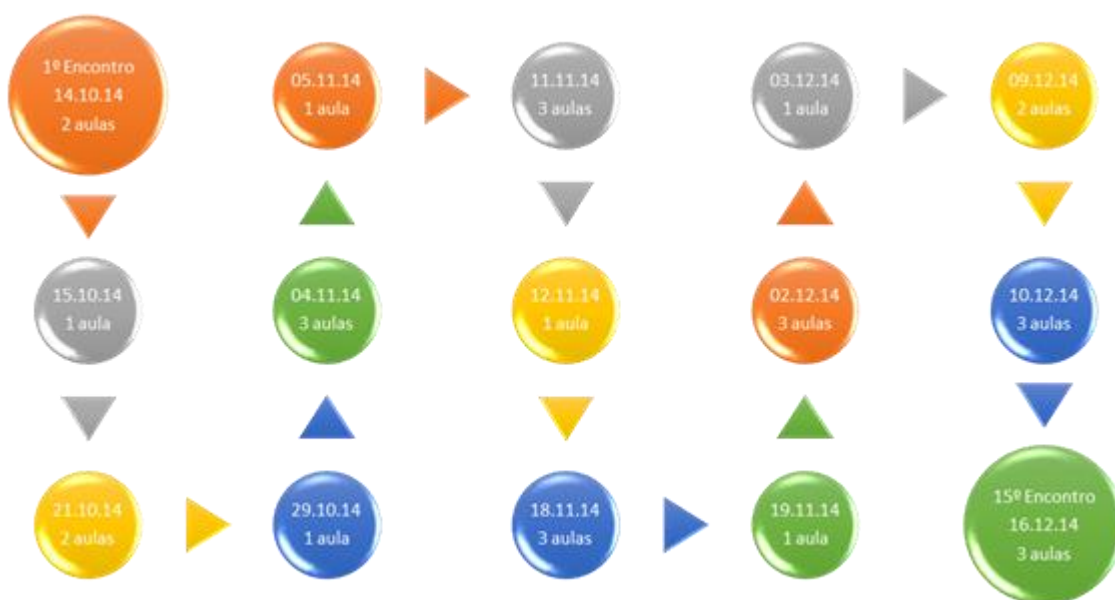


Figura 4.4: Sequência de encontros utilizados para a intervenção

No primeiro encontro apresentamos aos alunos os procedimentos metodológicos e os objetivos da pesquisa que seria desenvolvida, explicando como seria a participação dos mesmos (como sujeitos da pesquisa). Como forma de respeitar as normas éticas de pesquisa, foi aplicado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) (APÊNDICE H), que elaboramos para esclarecimento e consentimento dos participantes desse estudo. Todos concordaram em participar da pesquisa e por serem todos maiores de idade, os próprios estudantes leram e assinaram o TCLE.

Depois de esclarecidos sobre a pesquisa e com os trâmites legais de consentimento assinado, aplicamos o questionário inicial. Finalizada a aplicação desse questionário, distribuímos as propostas experimentais que deveriam ser realizadas

pelos alunos. Cada aluno recebeu sua proposta e uma breve explicação sobre seu contexto. Destacamos a data de apresentação de cada proposta e a importância do cumprimento da mesma na data estabelecida. Destacamos que todos os experimentos eram diferentes uns dos outros e que, portanto, não havia dois alunos executando o mesmo experimento apesar de existirem grupos de alunos que explorariam os mesmos conceitos e apresentariam os experimentos na mesma data.

No segundo encontro solicitamos aos alunos a elaboração do mapa conceitual inicial. Esses alunos já possuíam o domínio da técnica de mapeamento conceitual, pois no semestre anterior ao da execução da pesquisa (01/2014) passaram por um período de treinamento, com orientações sobre a elaboração de mapas conceituais, além da elaboração e discussão dos mapas elaborados. Ainda nesse encontro, foi iniciada a primeira etapa do primeiro ciclo. Partindo do mais geral para o mais específico, apropriando-se assim das ideias de Ausubel, explicamos o que estaríamos abordando nesse estudo. Logo em seguida iniciamos a discussão dos conceitos de densidade e de massa específica com a apresentação de uma situação-problema que foi utilizada como organizador prévio. Como possuíamos mercúrio, utilizamos um recipiente opaco com uma pequena quantidade desse líquido que foi cuidadosamente entregue a cada aluno para que iniciássemos o debate discutindo o que estaria dentro do recipiente e qual a quantidade de produto que estaria dentro do recipiente. Após todos os alunos se manifestarem, transferimos o conteúdo para uma proveta e colocamos, em outra proveta idêntica, a mesma quantidade de água. Novamente, conduzimos os dois recipientes para que todos os alunos manipulassem. Sempre buscando a interação com os alunos, e com seus conhecimentos, os conceitos foram sendo discutidos.

Ainda no segundo encontro, entregamos aos estudantes uma lista de exercícios contendo as questões que seriam trabalhadas durante a intervenção. Em nosso planejamento, a professora-pesquisadora realizaria com os alunos cinco exercícios durante a terceira etapa de cada um dos ciclos. Os outros exercícios caberiam ao aluno realizar e, caso necessário, solicitar auxílio da professora-pesquisadora no contraturno.



Figura 4.5: Aluno manipulando as provetas com mercúrio e água

No terceiro encontro realizamos a segunda etapa do primeiro ciclo, onde aplicamos o questionário intermediário I e tivemos a apresentação das propostas experimentais 1, 2 e 3. Destacamos que nessa etapa o professor posiciona-se junto com os demais alunos para assistir à apresentação enquanto os outros apresentam suas propostas e conduzem os experimentos autonomamente. No término da apresentação o aluno era convidado a responder as seguintes perguntas: Houve participação de alguém de sua família durante a preparação da PE em sua casa? Qual a sua avaliação das atividades realizadas para a aprendizagem dos conceitos abordados? Se você fosse elaborar uma questão sobre os conceitos abordados em sua PE, qual pergunta você elaboraria?

O quarto encontro teve início com a professora-pesquisadora relembrando os conceitos que foram estudados nas aulas anteriores. Em seguida, foram realizados exercícios previamente selecionados, presentes na lista de exercícios entregue aos estudantes no segundo encontro. Na sequência, foram apresentados, em slides, as imagens das propostas experimentais realizadas na etapa anterior. Ocorreu uma breve discussão das mesmas além do debate sobre as questões presentes no questionário intermediário e as questões abordadas nas PE, concluindo assim a terceira etapa do primeiro ciclo.

O quinto encontro teve início com a primeira etapa do segundo ciclo, ocorrendo a abordagem do conceito de pressão. Utilizamos como organizador prévio um vídeo

sobre caldeiras, vasos de pressão e tubulação. O vídeo, disponível em <http://www.youtube.com/watch?v=1FKgWe-n2JM>, apresentava a norma regulamentadora relativa às caldeiras e vasos de pressão (NR13)⁴, estando diretamente relacionado ao curso técnico que esses alunos estavam realizando e foi escolhido a partir de constatações apresentadas na análise do questionário inicial. Toda a sequência de apresentação do conceito seguiu os mesmos procedimentos já descritos anteriormente. Destacamos apenas a introdução de duas músicas e uma charge que foram utilizadas como fonte de discussão do conceito em questão. Na sequência, iniciamos a segunda etapa do segundo ciclo com a aplicação do questionário intermediário II e a apresentação da proposta experimental 4. Após essa etapa, finalizamos o ciclo com a realização dos exercícios previstos para essa etapa e a sintetização da proposta experimental apresentada. Nesse mesmo encontro, iniciamos um novo ciclo abordando o conceito de pressão atmosférica. Nesse ciclo utilizamos como organizador prévio o texto “Pressão: altos e baixos” publicado na Revista Superinteressante (disponível em: <http://super.abril.com.br/saude/pressao-altos-baixos-443004.shtml>). O texto abordava a variação da pressão com a mudança de altitude ou profundidade e explorava os limites de pressão suportados pelo corpo humano. A introdução de leituras durante as aulas ocorreu devido à necessidade apontada no questionário inicial onde percebemos as dificuldades dos alunos com relação à leitura e interpretação de textos. Assumimos então, a hipótese de que a frequente utilização desse recurso em sala de aula, independente da disciplina, pode minimizar as dificuldades apresentadas pelos alunos. A sequência de exemplos apresentados na discussão da pressão atmosférica utilizou princípios ausubelianos e os pressupostos freireanos já mencionados. Apesar do excesso de atividades executadas em um mesmo dia, percebemos grande interação e participação dos alunos até o término desse encontro.

No sexto encontro desenvolvemos a segunda etapa do terceiro ciclo. Aplicamos questionário intermediário III e tivemos a apresentação das propostas experimentais 5, 6 e 7. Destacamos que nesse encontro muitos alunos se manifestaram proferindo

⁴ As Normas Regulamentadoras (NR) são normas elaboradas pelo Ministério do Trabalho a fim de promover saúde e segurança do trabalho na empresa. A NR 13 estabelece os requisitos técnicos legais relativos à instalação, inspeção, operação e manutenção de caldeiras e vasos de pressão, de modo a se prevenir a ocorrência de acidentes do trabalho.

julgamento de que existiam experimentos “mais legais que outros” e apontando que “preferiam” ter realizado esse em detrimento do que o que lhe foi estabelecido. Respeitamos a opinião dos estudantes e essa comparação mostra o envolvimento dos alunos na execução e na apresentação das atividades pelos colegas.

No sétimo encontro, finalizamos o terceiro ciclo realizando os exercícios relativos a essa etapa e sistematizamos as propostas experimentais apresentadas anteriormente. Na sequência, dando início ao quarto ciclo, partimos de um vídeo que explorava uma motocicleta confinada em um cilindro com água (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=1nfT7XrzCeo>) para discutimos a Lei de Stevin e os vasos comunicantes. Ainda durante a primeira etapa desse ciclo, realizamos a leitura e discussão do texto “Morte de mergulhador expõe os riscos de um esporte em ascensão”. Esse texto jornalístico (disponível em: <http://noticias.uol.com.br/internacional/ultimas-noticias/the-new-york-times/2013/11/20/morte-de-mergulhador-expoe-os-riscos-de-um-esporte-em-ascensao.htm>) abordava um acidente envolvendo um praticante de apneia e discutia as consequências do aumento da pressão sobre o corpo humano. Prosseguimos com a apresentação de diferentes situações-problema e finalizamos a etapa realizando a leitura de outros dois pequenos textos: “Pré-Sal – Desafios” e “O tamanho do desafio” (disponíveis em: <http://www.brasilecola.com/brasil/presal desafios.htm> e <http://www.grupoescolar.com/a/b/2CE36.jpg>) e assistindo a parte selecionada pela professora-pesquisadora de um vídeo sobre a construção da Hidroelétrica de Itaipu (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=t868kON5IYA>). Avançamos para a segunda etapa desse quarto ciclo com a aplicação do questionário intermediário IV e com a apresentação das propostas experimentais 8, 9 e 10. Nesse dia o aluno responsável pela décima PE não compareceu e a professora-pesquisadora realizou as atividades experimentais demonstrativas que estavam sobre a responsabilidade de tal estudante. Nesse encontro presenciamos a surpresa e alegria dos alunos aos compreenderem como funciona o bebedouro de passarinho e destacamos a extrapolação das atividades propostas com os alunos fazendo associação dos experimentos apresentados com outras situações de seus cotidianos.

No oitavo encontro realizamos os exercícios previstos para esse encontro e compendiamos as propostas experimentais 8, 9 e 10 finalizando assim o quarto ciclo.

No nono encontro realizamos o quinto ciclo. Partindo da apresentação de um experimento demonstrativo realizado pela professora-pesquisadora iniciamos a abordagem do Princípio de Pascal. Na sequência, novos exemplos foram introduzidos de acordo com os referências que dão suporte a essa intervenção. Aplicamos o questionário intermediário V e tivemos a apresentação das propostas experimentais 11 e 12, concluindo assim a segunda etapa desse ciclo. Ainda nesse encontro realizamos os exercícios reservados para esse ciclo e discutimos as PE 11 e 12, concluindo assim todas as etapas desse ciclo.

No décimo encontro abordamos a primeira etapa do sexto ciclo. Discutimos o Princípio de Arquimedes partindo da discussão de uma situação-problema que era do conhecimento de todos os alunos: o fato de “ficarmos mais leves” dentro da água. Na sequência retomamos uma situação relacionada ao problema proposto pelo Rei Hieron a Arquimedes apresentada no segundo encontro. Toda a sequência de exemplos e abordagem conceitual seguiriam os princípios já relatados anteriormente. Realizamos a reconciliação integradora entre os vários conceitos estudados nos diversos ciclos retomando e apresentando explicações a muitas perguntas realizadas pelos alunos durante a intervenção. Destacamos a reação positiva dos alunos ao surpreenderem-se com a interligação entre os diversos ciclos. Finalizando, discutimos uma charge e realizamos a leitura e o debate do texto: “Arquimedes e a coroa do rei: Problemas Históricos” (disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6769/6238>). Ao longo da intervenção, buscamos utilizar diferentes fontes de textos para que instigássemos os alunos ao hábito da leitura. Surpreendendo à professora-pesquisadora, o artigo científico discutido nesse encontro teve a melhor aceitação por parte dos alunos do que os utilizados anteriormente, que eram textos jornalísticos. Ao término da leitura, que era sempre realizada coletivamente, com cada aluno realizando a leitura de um parágrafo, houve muita manifestação acerca do texto e elogio a escolha do mesmo.

No décimo primeiro encontro aplicamos o questionário intermediário VI e tivemos a apresentação das propostas experimentais 13 e 14, segunda etapa do sexto ciclo. Posteriormente, concluímos o ciclo realizando as questões previstas na lista de

exercícios e debatendo as PE 13 e 14. Finalizamos esse encontro iniciando a leitura do último texto proposto nessa intervenção: “O caso da energia desaparecida”. Esse texto encontra-se no livro *As aventuras científicas de Sherlock Holmes – O paradoxo de Einstein e outros mistérios* de Colin Bruce (BRUCE, 2002). O livro aborda diversos avanços da ciência através das aventuras de Sherlock Holmes, discutindo a ciência em termos lógicos e visuais sem a abordagem matemática. Tal texto, além de buscar o incentivo à leitura, pretendia incitar a discussão do método científico. Intencionalmente, a leitura desse texto teria início nesse encontro e término após a realização da prática investigativa em laboratório.

No décimo segundo encontro iniciamos a realização, no laboratório, da prática investigativa que abordava os conceitos de densidade, massa específica e empuxo. Inicialmente estava previsto apenas um encontro para a realização dessa atividade, mas as especificidades dos sujeitos dessa intervenção somada à inexperiência dos estudantes com tal atividade requereu mais tempo que o planejado. Ajustamos as atividades de modo que essa prática tivesse continuidade no encontro seguinte. Com isso, removemos do planejamento uma atividade que envolveria a realização, em dupla, de uma simulação no laboratório de informática. Avaliamos que, a conclusão da atividade iniciada, respeitando o tempo de aprendizagem dos alunos seria mais produtiva. Como não havia tempo hábil para a realização da simulação, devido aos recessos de final de ano, optamos por não aplicar tal atividade julgando que isso não comprometeria os objetivos propostos na intervenção.



Figura 4.6: Alunos durante a realização da prática investigativa

No décimo terceiro encontro, finalizamos a prática investigativa iniciada no encontro anterior e posteriormente discutimos a atividade realizada. Para o debate,

posicionamos a turma em círculo com a professora-pesquisadora se posicionando juntamente com os alunos. Apresentamos um *slide* com as massas específicas dos líquidos utilizados nessa atividade. Solicitamos que cada aluno compartilhasse com a turma os métodos que foram utilizados para a obtenção do valor da massa específica do líquido que investigaram. Além disso, solicitamos que comparassem se o valor obtido estava coerente com o apresentado no *slide*. Procedemos da mesma forma para a discussão da massa específica do vidro e densidade da esfera de vidro. Utilizamos esse momento para, mais uma vez, negociarmos esses conceitos e discutir a importância das unidades de medidas. Promovemos também a renegociação de significados dos conceitos de massa e peso. Finalizamos essa discussão com a apresentação de duas novas situações-problema que foram debatidas pelo grupo. Após essa discussão, concluímos a leitura do texto literário “O caso da energia desaparecida”, iniciada no décimo primeiro encontro, e promovemos um debate sobre o mesmo. Relacionamos as discussões abordadas no texto com a prática investigativa realizada pelos alunos. Dialogamos sobre o método científico e a ciência como construção humana, destacando “as verdades provisórias” que estudamos na ciência. Destacamos o imediato apontamento positivo dos alunos em relação ao texto lido e a manifestação de alguns alunos em adquirir o livro do qual foi extraído o texto em questão.

No décimo quarto encontro os alunos foram convidados a elaborarem um mapa conceitual sobre os conceitos estudados.

No décimo quinto encontro, realizamos a avaliação tradicional dos conceitos abordados em Hidrostática e aplicamos o questionário de opinião.



Figura 4.7: Alunos durante a intervenção

CAPÍTULO 5

ANÁLISE DE DADOS

Neste capítulo apresentamos os dados coletados por meio dos instrumentos descritos na seção 4.2 e as análises de seus resultados. Na seção 5.1 mostramos os dados provenientes do **questionário inicial**. Em seguida, na seção 5.2, apresentamos os resultados da análise dos **questionários intermediários** aplicados durante a intervenção em sala de aula. Na seção 5.3 analisamos os dados obtidos através da **prática investigativa** e na 5.4 apresentamos a análise do desempenho dos alunos na **avaliação tradicional** aplicada após a intervenção. A seção 5.5 apresenta a análise dos **mapas conceituais** desenvolvidos pelos estudantes e por fim, na seção 5.6 avaliamos os dados provenientes do **questionário de opinião**.

5.1 Análise do questionário inicial

Participaram desta pesquisa quatorze alunos do curso técnico em Segurança do Trabalho integrado ao ensino médio na modalidade de Educação de Jovens e Adultos, do Ifes *campus* Vitória. Desses sujeitos, doze são do sexo feminino e dois do sexo masculino.

O diagrama em barras da Figura 5.1 apresenta a idade desses alunos e o tempo de permaneceram afastados da escola antes retomarem os estudos ao ingressarem no Ifes. A média de idade dos sujeitos dessa pesquisa é de 28,86 anos e o tempo médio que permaneceram afastados do ambiente escolar foi de 8,71 anos.

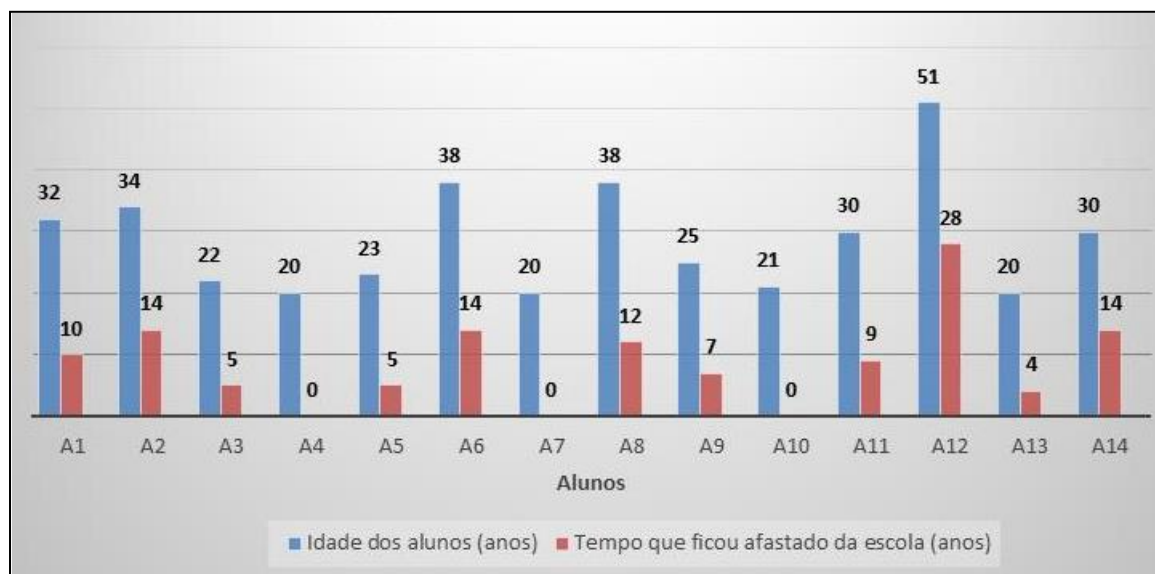


Figura 5.1: Diagrama em barras que apresenta a idade dos alunos participantes da pesquisa e o tempo que permaneceram afastados da escola

Observamos na Figura 5.1 a diversidade etária do grupo pesquisado. Segundo Oliveira (2004), a EJA tem um olhar para jovens, adultos e idosos que gera uma complexidade no âmbito das práticas pedagógicas, pois há diferenças de interesses, de motivações e de atitudes apresentadas por essa especificidade etária. Consideramos que, conhecer os anseios desses estudantes e sua realidade sociocultural, é de fundamental importância para processo de ensino. Isso possibilita diversificar os instrumentos metodológicos buscando promover a aprendizagem significativa dos conceitos estudados por meio de “uma pedagogia fundamentada na ética, no respeito à dignidade e a própria autonomia do educando” (OLIVEIRA, 2013, p. 12).

Dos participantes, dez possuem filhos com idade entre 3 e 21 anos. Saber que a maioria dos sujeitos possuem filhos, e muitos desses em idade escolar, influencia na postura do professor da EJA visto que: 1) o fato do aluno (pai ou mãe) retornar ao ambiente escolar depois de um longo período afastado da escola é um grande exemplo para o filho, e pode influenciar na postura escolar do mesmo; 2) o tempo que o aluno tem para realizar as “lições de casa” é extremamente reduzido; 3) os exemplos utilizados em sala devem auxiliar na ampliação do diálogo entre pais e filhos e 4) as atividades que os alunos levam para casa devem permitir a participação da família proporcionando aproximação entre os familiares e estímulo a todos. Nesse contexto, estabelecendo os pressupostos da concepção

problematizadora e libertadora da educação Freire (2011), ressaltamos a importância de o educador agir, superando a educação “bancária”, opressora e desumana e pôr-se a serviço da libertação.

De acordo com Oliveira (2004) para compreendermos a EJA precisamos saber suas especificidades em relação a quem são os jovens, adultos e idosos atendidos por essa modalidade de educação e suas situações concretas existenciais, sociais, econômicas e políticas. Quando perguntados o que o motivou a escolher este curso, a metade dos pesquisados apontaram que pretendiam apenas concluir o ensino médio e apenas 28,6% dos alunos destacaram a capacitação para o mercado de trabalho. Nas respostas apresentadas observamos também que os alunos reconhecem a qualificação da instituição em que estão estudando. Evidenciamos na resposta de um aluno marcas de um processo escolar fracassado quando destaca que sua motivação estava em mostrar para a família de que é capaz. Quando perguntados se pretendiam exercer a profissão de técnico em Segurança do Trabalho, 93% alunos responderam que sim.

Dos participantes, apenas 14% conciliam a rotina escolar com trabalhos autônomos (cabeleireira e dono de pastelaria) e os demais não estão exercendo nenhuma profissão. Vale destacar que a maioria dos sujeitos dessa intervenção são mulheres que administram a rotina familiar com a escolar.

Concluimos assim que os estudantes não ingressaram na escola em busca especificamente da qualificação técnica, mas que buscam através dela romper com o passado de opressão e descontinuidades nos estudos e ascender profissionalmente.

Todos os alunos apontaram elevado grau de importância para os conteúdos estudados em Física e 93% dos estudantes reconhecem que esses serão úteis na sua futura profissão. Entretanto, verificamos que esses sujeitos não conseguem apontar quais conteúdos lhes serão úteis na vida profissional. Observamos que, apesar do curso técnico em questão ser integrado ao ensino médio, essa integração não está sendo efetivada, visto que estando no quinto período (no total de oito) os alunos não vinculam de maneira efetiva os conteúdos estudados na disciplina de Física com disciplinas da área técnica.

Todos os alunos afirmaram que os conteúdos estudados em Física ajudavam a entender melhor os fenômenos do cotidiano, entretanto, apenas metade dos pesquisados afirmam já ter utilizado os ensinamentos adquiridos para resolver pequenos problemas do cotidiano. Mesmo assim, identificamos que a maioria desses estudantes apresentam exemplos de aplicações dos conceitos estudados não relatando um problema que foi solucionado com esses ensinamentos.

Constatamos que 86% dos estudantes apontam que traspõem os conceitos estudados em Física aplicando-os na compreensão do funcionamento de equipamentos ou fenômenos naturais, mas não evidenciamos a concretização desse resultado nos exemplos apresentados pelos estudantes. Desses, 42% fizeram referência à conceitos abordados no semestre anterior apresentados pelos estudantes na forma de seminário. Inferimos assim que quando o aluno tem participação ativa no processo de ensino a assimilação parece mais estável, mas não identificamos situações concretas de transposição dos conceitos estudados.

Constatamos que 64% dos estudantes relatam que sentem dificuldades ao aplicar os conteúdos estudados em Física utilizando fórmulas e cálculos e que apenas metade do grupo pesquisado (50%) afirmam que possuem o hábito de estudar regularmente. Observamos que 64% dos estudantes justificaram que estudam Física, pois é importante para o desenvolvimento das disciplinas da área técnica e 36% argumentaram que é importante para a compreensão dos fenômenos do cotidiano. Com isso, evidenciamos que a maioria dos alunos possuem dificuldades em assimilar os conceitos estudados e esse fato pode estar vinculado a falta de rotina nos estudos somada a desconexão desses conceitos com a aplicabilidade prática. Já havíamos evidenciado que os estudantes não conseguem estabelecer uma interligação entre os conceitos estudados e a aplicação dos mesmos no curso técnico, fazendo com que a importância destacada anteriormente se torne virtual. Ou seja, o aluno apenas repete um discurso pronto sem a real assimilação da importância do estudo que está realizando.

Os apontamentos acima ressoam com os ensinamentos de Freire (2013) de que formar é muito mais do que treinar o educando no desempenho de destrezas. De nada adianta o conteudismo, muitas vezes excessivo, se os alunos não conseguem adaptar os mesmos para a solução de problemas concretos de sua realidade. Aprender, “é um processo que pode deflagrar no aprendiz uma curiosidade

crescente” (FREIRE, 2013, p.26) que deve ser estimulada através de uma abordagem metodológica que permita ao aluno compreender o que está estudando e por que está estudando, tornando o conteúdo em questão significativo para o estudante.

Apontando melhorias que poderiam ser implantadas nas aulas de Física, os alunos destacaram que o número de aulas semanais poderia ser ampliado e disseram que as aulas poderiam ser aperfeiçoadas com a introdução de mais aulas práticas (experimentos).

Observamos que os alunos relatam uma predisposição ao estudo da Física visto que reconhecem a importância dessa disciplina para a compreensão dos fenômenos de seu cotidiano e relacionam à futura profissão que pretendem exercer. Cabe ao professor então o “desenvolvimento da curiosidade crítica, insatisfeita, indócil” (FREIRE, 2013, p. 33) em seus educandos, ciente de que “qualquer intento de facilitar a aprendizagem significativa em situação formal de ensino deve tomar como ponto de partida o conhecimento prévio do aluno no campo conceitual em questão” (MOREIRA, 2011, p.42).

Acreditamos que uma aprendizagem significativa, com rupturas das injustiças escolares e sentimentos de inferioridade produzidos anteriormente nesses sujeitos, pode ser estimulada com o uso de experimentos. Tais atividades possibilitam a interação com o professor e a consolidação do diálogo entre educador e educando, condição indispensável para inclusão dos sujeitos da EJA. Segundo Freire (2011, p. 109),

[...] o diálogo é uma exigência existencial. E, se ele é o encontro em que se solidarizam o refletir e o agir de seus sujeitos endereçados ao mundo a ser transformado e humanizado, não se pode reduzir-se a um ato de depositar ideias de um sujeito no outro, nem tampouco tornar-se simples troca de ideias a serem consumidas pelos permutantes.

Apresentamos na Tabela 5.1 o número de alunos que assinalaram por meio da escala *Likert*, a avaliação para o uso de alguns recursos educacionais e sua influência no processo de ensino e aprendizagem. O valor um corresponde a avaliação do recurso como pouco importante e o valor cinco como muito importante.

Tabela 5.1: Avaliação dos alunos quanto ao uso de alguns recursos educacionais

		Pouco..... Muito					Branco
		1	2	3	4	5	
Para uma melhor aprendizagem	Uso de experimentos				2	12	
	Uso do computador			7	3	3	1
	Trabalhos em grupo	2		3	4	5	
	Interação com o professor					13	1
	Livro didático		5	1	4	3	1
	Serviço de Monitoria	1	2	2	3	5	1
	Lista de exercícios			2	3	8	1
	Interação com os colegas da turma	1			3	10	
Para lhe motivar a aprender	Uso de experimentos					14	
	Uso do computador			1	6	6	1
	Trabalhos em grupo	2	1	2	4	4	1
	Interação com o professor					13	1
	Livro didático	2	3	2	3	3	1
	Serviço de Monitoria	1	2	2	3	6	
	Lista de exercícios			2	5	6	1
	Interação com os colegas da turma	1	1	1	3	6	2
Para sanar as suas dúvidas	Uso de experimentos			1	1	11	1
	Uso do computador		1	1	2	9	1
	Trabalhos em grupo	2		6	3	2	1
	Interação com o professor					13	1
	Livro didático	1	2	4	4	2	1
	Serviço de Monitoria	1	1	2	4	6	
	Lista de exercícios			3	4	6	1
	Interação com os colegas da turma	2		1	4	6	1

Analisando os dados da Tabela 5.1, observamos que os itens de maior destaque foram: uso de experimentos e interação com o professor. Notamos que todos os alunos classificaram o uso de experimentos como um recurso importante para melhorar a aprendizagem e motivar a aprender e que mais de 80% dos estudantes apontam que essas atividades auxiliam a sanar dúvidas. Mais de 90% dos entrevistados apontaram que a interação com o professor é fundamental para melhorar a aprendizagem, motivar a aprender e sanar dúvidas.

Evidenciamos que os estudantes reconhecem a necessidade de um processo educacional em que haja engajamento entre professor e alunos e destacamos, dos itens listados, a utilização de atividades experimentais como uma possibilidade de transformação da realidade educacional vivenciada por esses sujeitos.

Com relação ao uso do computador, percebemos que a maioria julga que seu uso motiva a aprendizagem e possibilita sanar dúvidas, porém, a minoria acredita que seu uso melhora a aprendizagem. Essa análise revela que os alunos possivelmente buscam o computador para sanar dúvidas através de recursos disponíveis na

internet e que quando tem suas dúvidas sanadas, sentem-se motivados para aprender, mas que o recurso em si, sem a interação com o professor, não seria suficiente para melhorar a aprendizagem. Esse resultado é consonante com o apontado por esses alunos no item relativo à interação com o professor.

Percebemos que 70% dos alunos apresentaram apontamento positivo para a utilização de listas de exercícios, o serviço de monitoria destacou-se no quesito sanar dúvidas e a interação com os colegas de turma no quesito melhora a aprendizagem. Consideramos que trabalhos em grupo e o livro didático não foram enfatizados na avaliação dos estudantes.

Investigando o conhecimento prévio dos alunos acerca do conteúdo de Hidrostática, percebemos que dos conceitos estudados em períodos anteriores apenas massa, volume e força foram citados por todos os alunos. Área e peso, apesar de bem citados, não foram citados por todos os estudantes. Mais da metade por participantes assinalaram massa, volume e força como conceitos que saberiam explicar, mas evidenciamos que as explicações apresentadas por esses estudantes estavam distantes das respostas cientificamente aceitas. O APÊNDICE I mostra a listagem dos conceitos apresentados aos estudantes, os assinados pelos mesmos como conceitos que já haviam ouvido falar e os que julgavam saberem explicar.

Destacamos o fato dos conceitos de densidade, pressão e pressão atmosférica, ainda não estudados por esses sujeitos, terem alto número de citações, evidenciando que os alunos, em sua vivência, adquiriram conhecimentos que devem ser levados em conta na organização da disciplina. Entretanto, quando solicitamos ao aluno que explicasse os conceitos de **pressão** e de **densidade**, a maioria dos estudantes (57%) não apresentaram resposta alguma para essa pergunta e apenas 21% dos alunos buscaram explicar esses dois conceitos. Desses, a maioria (67%) abordaram pressão como sinônimo de força e apenas dois estudantes apresentaram o conceito cientificamente aceito para densidade (A9 e A12). Outro aluno (A14) não apresentou os conceitos, mas sim exemplos (panela de pressão, gêiseres, insetos caminhando na superfície da água).

Acreditamos que os conhecimentos prévios permitem dar significados aos novos conhecimentos, entretanto, cabe ressaltar que quando tais conhecimentos se constituem de concepções alternativas, podem constituir-se de um obstáculo para a aquisição dos conceitos cientificamente aceitos (MOREIRA, 2011).

De acordo com Ausubel (2003, p.74)

[...] é bastante claro que, no que toca os resultados da aprendizagem significativa na sala de aula, a *disponibilidade e as propriedades significativas do conteúdo relevante nas estruturas cognitivas* dos diferentes aprendizes são as variáveis mais cruciais a determinar a significação potencial. Logo, é bastante compreensível que a significação potencial de aprendizagem varie não só com as informações educacionais anteriores, mas também com fatores como idade, o QI, a classe social e a participação cultural.

Identificamos também, através deste questionário inicial, que apesar de todos os sujeitos dessa pesquisa possuírem ensino fundamental completo, esses estudantes apresentam em sua escrita excesso de erros ortográficos e falta de estrutura semântica lógica. Percebemos também algumas incoerências nas respostas para determinadas questões, fato esse que pode estar atrelado à falta de habilidade de interpretação de texto por parte de alguns estudantes. Embasados no trabalho de doutoramento de Lopes (2009), que buscou compreender os gestos de interpretação de alunos da EJA em condições de produção de leitura nas aulas de Física, introduzimos dentro de nossa proposta de ensino a leitura de textos em sala de aula. Acreditamos que todas as disciplinas devem estar engajadas para a inserção social e profissional desse sujeito através de um processo de ensino que promova avanços na forma de comunicação oral e escrita desses estudantes de modo que novas exclusões não ocorram.

Constatamos, com esta sondagem inicial, que a maioria dos estudantes não conseguem explicar conceitos estudados nos semestres anteriores, inferindo assim a falta da efetiva aprendizagem desses conceitos. Contudo, os resultados apresentados mostram que os alunos da EJA são sujeitos forjados historicamente e que possuem “um certo saber não importa que metodicamente desrigoroso” (FREIRE, 2013, p.31) sendo dever do professor atuar como mediador em um processo de reconstrução de significados.

5.2 Análises dos questionários intermediários

Adotamos os seguintes critérios de análise das respostas apresentadas nos questionários intermediários:

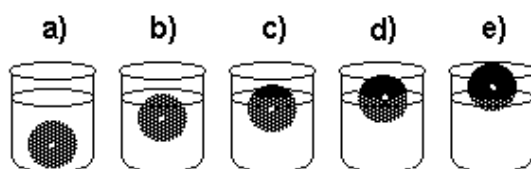
- i) Para análise das respostas apresentadas pelos alunos, consideramos a seguinte categorização:

Categorias	Características
Resposta Adequada (A)	Revela o domínio dos conceitos, apresentando os conceitos, as proposições e as unidades de medida corretamente. Responde plenamente à questão proposta.
Resposta Parcialmente Adequada (PA)	Apresenta o conceito central da questão (até mesmo mais de um), mas em algum momento utiliza os conceitos de modo equivocado (conceitos alternativos ou falha na compreensão do significado da grandeza utilizada) ou ainda omite conceitos que deveriam estar presentes para a resposta apresentar o conhecimento cientificamente aceito para a questão proposta. Revela um processo de construção dos conceitos.
Resposta Equivocada (E)	Apresenta uma resposta equivocada para a questão, sem as informações necessárias para explicação da situação-problema apresentada. Revela que o aluno não conseguiu atribuir os significados cientificamente aceitos a questão proposta.
Branco (B)	Resposta em branco.

Quadro 5.1: Categorias elaboradas para análise das respostas apresentadas pelos alunos

- ii) Quando o aluno respondeu à questão antes da apresentação das PE, mas não a respondeu depois, consideramos que o aluno manteve a resposta apresentada anteriormente.
- iii) Consideramos, para algumas questões objetivas, a possibilidade de resposta parcialmente adequada. A título de exemplo, apresentamos a seguir a segunda questão (Q2) presente no questionário intermediário I.

(UFPE 2000) Uma esfera maciça é colocada dentro de um recipiente contendo água. A densidade da esfera é $0,8\text{g/cm}^3$. Qual das figuras a seguir melhor representa a posição de equilíbrio?



Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro			Totalmente seguro	
1	2	3	4	5

Figura 5.2: Questão presente no questionário intermediário I

A resposta adequada para essa questão está representada no item C. Entretanto, consideramos que ao apresentar a resposta indicada no item D o

aluno demonstra ter refletido sobre a flutuação da esfera e observado que uma parte da mesma deveria estar imersa, mesmo não conseguindo relacionar esse percentual com a densidade relativa entre a esfera e o líquido. Assim, buscando possibilitar a identificação dos avanços no conhecimento do aluno produzidos pela intervenção educacional, optamos por atribuir a esse item a categorização de resposta parcialmente adequada.

- iv) O índice de desempenho (**ID**) corresponde ao percentual de acertos apresentado pelo aluno, antes e depois das apresentações das PE, nas questões propostas. O valor zero indica que o aluno não acertou nenhuma das questões e o valor 100 que o aluno acertou a todas.
- v) Quando o grau de segurança (**GS**) não foi assinalado pelo estudante, atribuímos o valor zero para identificarmos esta situação. Quando havia mais de um grau de segurança assinalado, para a mesma questão, consideramos o de menor grau.
- vi) A média do conhecimento autodeclarado (**CA**) corresponde à soma dos valores apresentados pelos alunos dividido pelo número de alunos que respondeu àquele item.
- vii) A média de desempenho (**MD**) dos alunos nas questões corresponde a um valor de 0% a 100% que indicaria a “média da turma” naquela avaliação.

As tabulações das respostas dos alunos às questões presentes nos questionários intermediários encontram-se no APÊNDICE J. A Tabela 5.2 apresenta o número de alunos que participaram de cada etapa experimental e consequentemente, preencheram o questionário intermediário relativo àquela etapa.

Tabela 5.2: Organização temporal das aplicações dos QI e número de alunos participantes

	1ª EE	2ª EE	3ª EE	4ª EE	5ª EE	6ª EE
QI	I	II	III	IV	V	VI
N	13	11	13	12	10	9

QI: Questionário Intermediário; **N:** Número de alunos participantes.

A partir da análise das respostas dos alunos às questões presentes nos QI elaboramos a Tabela 5.3.

Tabela 5.3: Índice de desempenho dos alunos e conhecimento autodeclarado ao longo das etapas experimentais

Aluno		1ª EE		2ª EE		3ª EE		4ª EE		5ª EE		6ª EE	
		Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois	Antes	Depois
Média Grupo	ID	13	53	75	77	46	74	71	78	45	60	59	63
	CA	1,4	4,1	2,4	4,2	1,75	3,75	2	3,875	1,78	3,5	2,3	3,7
A1	ID	17	50	-	-	33	50	33	83	-	-	-	-
	CA	1	3	-	-	1	3	1	3	-	-	-	-
A2	ID	17	67	100	100	33	83	83	100	67	83	33	33
	CA	4	5	2	4	1	4	1	3	1	-	1	3
A3	ID	0	33	50	50	0	83	50	50	-	-	-	-
	CA	1	5	1	3	1	-	1	3	-	-	-	-
A4	ID	0	50	75	100	50	83	83	67	50	50	67	50
	CA	1	3	4	5	2	4	2	4	2	4	3	4
A5	ID	0	17	100	50	33	50	83	100	50	50	-	-
	CA	1	4	2	4	3	4	2	5	1	4	-	-
A6	ID	0	33	25	100	17	33	-	-	33	50	50	67
	CA	1	5	1	5	2	-	-	-	2	4	1	4
A7	ID	-	-	100	100	100	100	83	83	33	50	50	50
	CA	-	-	3	4	3	4	3	4	2	2	4	4
A8	ID	0	83	50	50	50	67	83	100	-	-	-	-
	CA	1	3	3	5	1	3	-	-	-	-	-	-
A9	ID	0	50	75	75	50	67	67	67	33	50	33	67
	CA	1	4	2	-	2	3	3	-	3	4	2	4
A10	ID	0	67	100	100	83	100	-	-	67	100	-	-
	CA	2	4	3	4	2	3	-	-	2	3	-	-
A11	ID	67	83	-	-	33	67	100	100	33	67	50	50
	CA	2	3	-	-	-	-	4	-	-	-	4	5
A12	ID	33	50	100	25	50	83	50	50	33	50	67	67
	CA	1	5	1	4	2	-	1	-	1	-	1	4
A13	ID	0	17	-	-	-	-	50	50	-	-	83	83
	CA	1	4	-	-	-	-	1	4	-	-	1	4
A14	ID	33	83	50	100	67	100	83	83	50	50	100	100
	CA	1	5	4	-	1	5	3	5	2	-	4	5

ID: Índice de desempenho; CA: Conhecimento autodeclarado.

Da Tabela 5.3, que apresenta o índice de desempenho e o conhecimento autodeclarado pelos alunos ao longo das etapas experimentais (EE) e a média do grupo pesquisado nesses itens, destacamos que na 1ª etapa experimental, antes das apresentações das propostas experimentais, os alunos apresentaram um rendimento aquém do esperado, mas coerente com a autoavaliação dos alunos, sendo o pior desempenho dentre todas as etapas. Resultado semelhante foi observado na terceira e quinta etapas, onde verificamos que a média de desempenho dos alunos é inferior a 50% de aproveitamento e esses dados também encontram consonância com conhecimento declarado pelo aluno. Como na etapa anterior à experimental, os estudantes tiveram a abordagem dos conceitos, essa

observação nos remete ao fato de que “estudar não é um ato de consumir ideias, mas de criá-las e recriá-las” (FREIRE, 2010, p.13), sendo que esse processo não é instantâneo, requerendo um período para que os conceitos sejam consolidados.

No entanto, observamos que na segunda e na quarta etapas os resultados revelam que os alunos possuíam bom entendimento sobre os conceitos abordados, mesmo antes de ocorrer a etapa experimental. Acreditamos que, como esses ciclos abordavam uma quantidade menor de conceitos, as informações recebidas pelo aluno na etapa conceitual exigiam menos subsunções que serviriam de ancoradouro e, como esses já existiam e estavam estruturados, possibilitou que a assimilação destes conhecimentos ocorresse em um intervalo de tempo menor. Mesmo assim, observamos que os estudantes declaravam possuir baixo conhecimento do assunto, revelando a insegurança dos alunos diante de um novo conhecimento.

A partir dos dados da Tabela 5.3, elaboramos os gráficos apresentados nas Figuras 5.3 e 5.4.

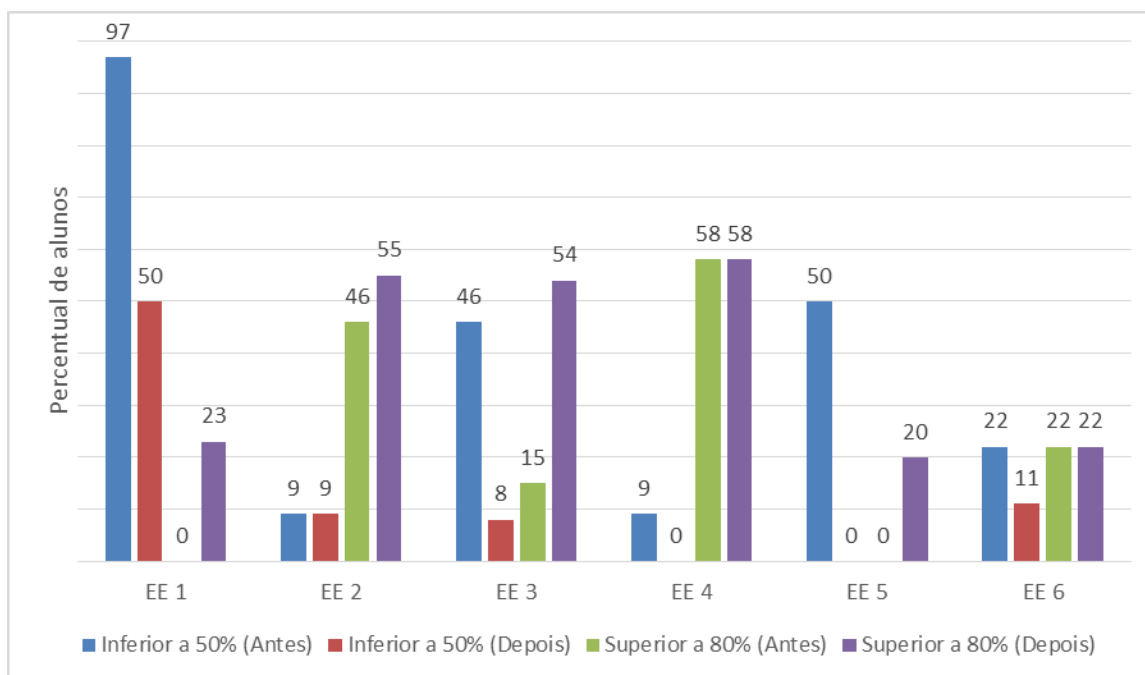


Figura 5.3: Desempenho dos alunos em cada etapa experimental antes e depois das apresentações das AED

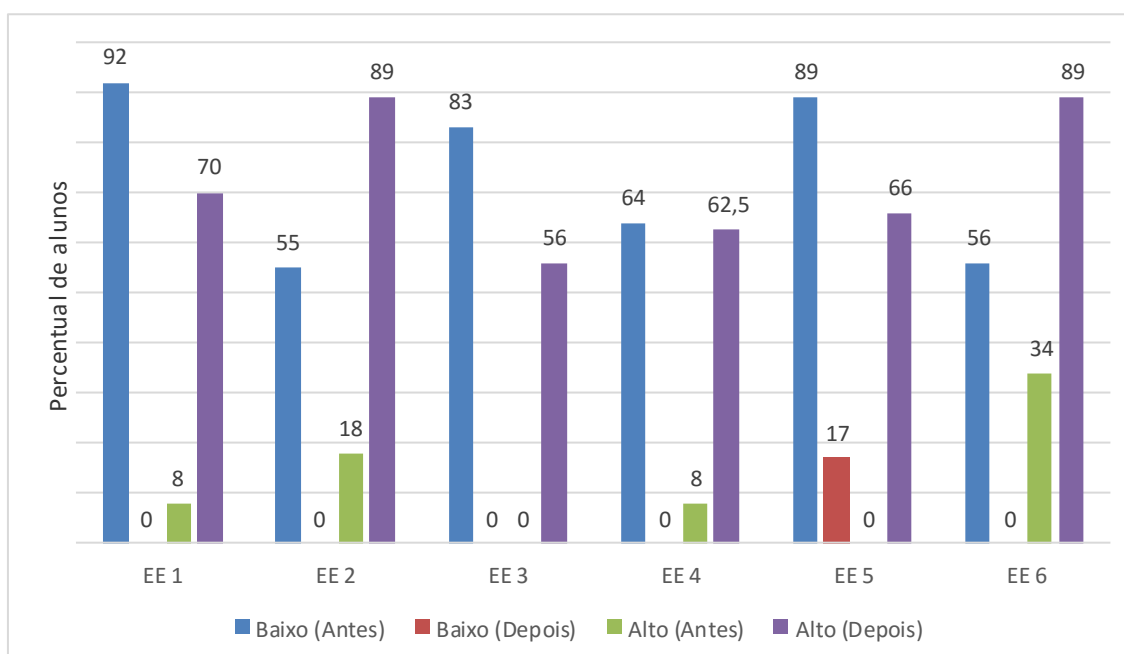


Figura 5.4: Autoavaliação dos alunos realizada ao longo das etapas experimentais

Na Figura 5.3 destacamos apenas o percentual de alunos com desempenho inferior a 50% de rendimento e estudantes com desempenho superior a 80% de aproveitamento, não apresentando o intervalo entre 50% e 80%. Já na autoavaliação dos estudantes (Figura 5.4), apresentamos o panorama para os indicadores de baixa compreensão dos conceitos (valor 1 ou 2 na escala *Likert*) e alta compreensão dos conceitos (valor 4 ou 5 na escala *Likert*). Acreditamos que a

análise desses pontos permite inferir o diagnóstico sobre o desempenho dos alunos com baixo conhecimento e dos alunos com excelente domínio dos conceitos abordados, antes e depois das EE.

A Figura 5.3 evidencia que em todas as etapas experimentais, após as apresentações das propostas experimentais, houve aumento no índice de desempenho dos alunos nas questões. Destacamos as etapas experimentais 1, 3 e 5 como as que mais indicaram modificações nos desempenhos dos estudantes, apresentando grande redução no percentual de alunos abaixo de 50% e elevação do número de alunos com rendimento superior a 80%. Nas etapas onde os alunos apresentaram, antes das apresentações, bom desempenho (etapas 2 e 4), observamos avanços, mas com mudanças numéricas de pequenas amplitudes, visto que o número de alunos com rendimento inferior a 50% de aproveitamento era baixo e o superior a 80% de aproveitamento era elevado. Para a 6ª EE, observamos que o número de alunos com rendimento inferior a 50% foi reduzido à metade após as apresentações das AED, mas o índice de alunos com rendimento superior a 80% não se alterou.

Na Figura 5.4 observamos que em todas as etapas experimentais a maioria dos alunos apresentaram em sua autoavaliação antes, baixo conhecimentos sobre os conceitos abordados e depois, alto conhecimento desses conceitos. Esse resultado indica que, na avaliação do aluno, a utilização das AED permite que os conceitos sejam mais bem assimilados. Podemos inferir ainda que, mesmo nos estudos nos quais os alunos apresentavam bom desempenho, a autoavaliação revelou que as atividades experimentais permitem também que os alunos adquiram consciência da consolidação dos conceitos em sua estrutura cognitiva, ou seja, reconhecem a apropriação desses.

Isso permite afirmar que os experimentos contribuíram para que os alunos apresentassem em suas respostas melhor compreensão sobre os conceitos abordados e também apresentassem maior segurança frente a consciência de aprendizagem dos conceitos estudados.

Para a ocorrência da aprendizagem significativa, é necessário que a nova informação interaja de modo não-arbitrário e não-literal com elementos preexistentes na estrutura cognitiva dos alunos, sendo que os resultados apresentados apontam que os experimentos estimulam essa interação. Diante disso, evidenciamos que a

aprendizagem pode ser facilitada quando abordamos os conceitos através dos experimentos, pois permite ao aluno associar imagens, procedimentos, materiais e conceitos.

Assim, diagnosticamos que as AED permitiram a real ampliação do conhecimento do aluno acerca dos conceitos abordados, bem como apontam que o aluno é capaz de reconhecer essa mudança em sua estrutura cognitiva.

Em todos os questionários intermediários, através da pergunta P3, investigamos se as AED utilizadas contribuíram para o aluno relacionar os conceitos abordados com situações do cotidiano. Constatamos que em todas as etapas experimentais a maioria dos alunos responderam que sim, e os exemplos apresentados estavam sempre relacionados à rotina do estudante (temperar salada, colocar gelo no refrigerante, usar da faca, encher pneu de bicicleta, observar a geladeira travar a porta, abrir o vidro de azeitonas, perfurar um cano e observar a água saindo pressurizada, observar o funcionamento da garrafa de café, etc.) ou a exemplos relacionados as questões abordadas durante a apresentação das PE (pessoas boiarem sobre pranchas, desentupidor de pia, uso das agulhas de injeção, contagotas, uso de mangueira como tubo em U, espessura dos vidros de aquário, etc.). Através da diversidade de exemplos citados, corroboramos que “[...]o sujeito que aprende vai diferenciando progressivamente, e ao mesmo tempo, reconciliando, integrativamente, os novos conhecimentos em interação com aqueles já existentes. [...]” (MOREIRA, 2011, p.42).

Na pergunta P4, também presente em todos os questionários intermediários, solicitamos que o estudante comentasse e/ou avaliasse outros aspectos que considerava importante em relação ao uso das Atividades Experimentais Demonstrativas nas aulas de Física.

Todos os alunos destacaram que os experimentos contribuíram para melhorar o conhecimento teórico e para 64% dos estudantes as AED permitem visualizar o que foi abordado na teoria. Os alunos A1, A6, A9, A12, A13 e A14 apontaram que os experimentos ajudam a compreender coisas do cotidiano e os alunos A2, A3 e A6 destacaram a importância das AED serem preparadas em casa e a relevância do envolvimento da família nesse processo (união da família/incentivo aos filhos). Esses resultados estão consonantes com os encontrados por Rekowsky (2012), que conclui um apontamento positivo para uma proposta de aprendizagem de

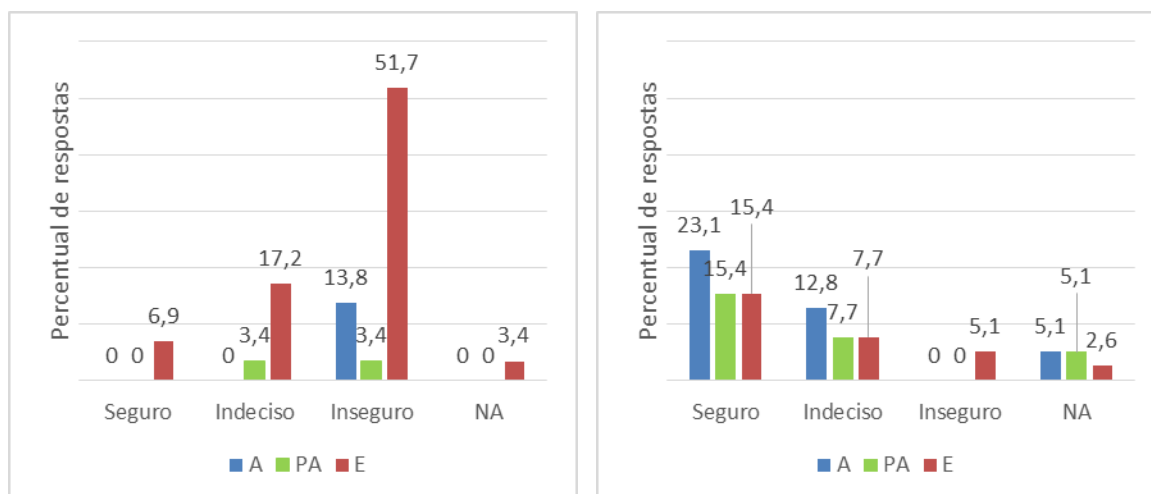
conceitos de termodinâmica e eletromagnetismo a partir do uso de processos e equipamentos culinários relacionados a vivência dos alunos.

Os alunos A2, A4 e A10 relataram o aumento da motivação da turma e o aluno A7 destacou o aumento do entrosamento da turma e da atenção dos alunos com a utilização das AED. O aluno A9 afirmou que houve aumento da interação entre os alunos e para o aluno A3 os experimentos tornam a aula mais dinâmica. Por fim, os alunos A6 e A14 relataram que essas atividades permitem ao aluno aprender na prática, diagnosticar certos perigos e cometer menos erros, fazendo relações com o curso de Segurança do Trabalho.

Enfatizamos o comentário do aluno A5 que, assumidamente tímido, revelou acreditar que a apresentação das PE contribui para a redução da timidez, superando assim o medo de falar para uma plateia e mostrando a disposição do estudante a superar os desafios que enfrentará em sua futura profissão, onde lhe será exigido falar diante de um público. Ainda com relação a esse aluno, destacamos a atenção com que participava da aula, deixando registrado em seu questionário várias anotações referentes à explicação dada durante a realização do experimento.

Assim, observamos diferentes apontamentos para utilização de Atividades Experimentais como propostas nessa pesquisa, todos com avaliação positiva. Ressaltamos, assim como Espíndola (2005) que defende a pedagogia de projetos como meio de dar mais significado aos conceitos para os estudantes adultos, que as AED também conseguiram alcançar essa dimensão.

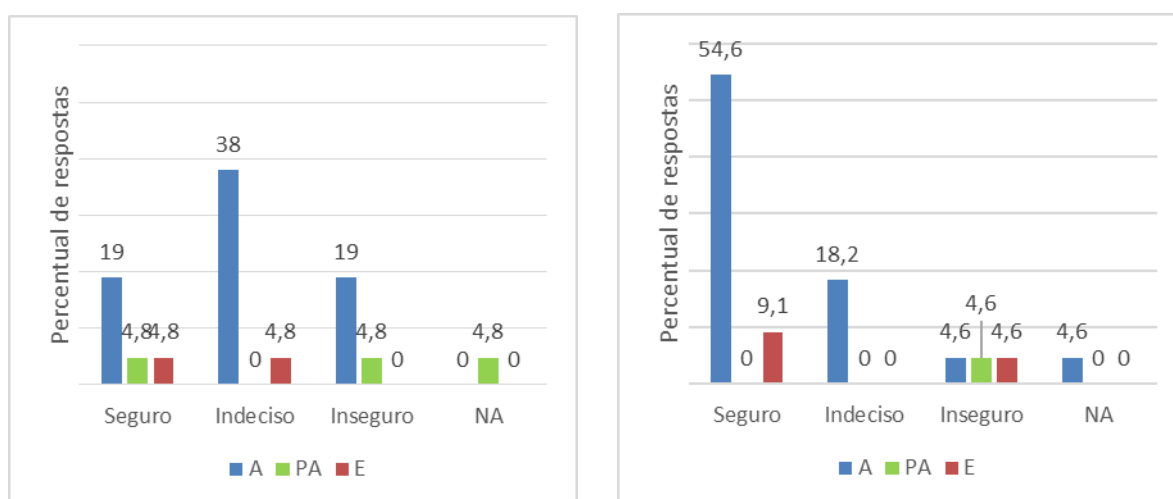
Através dos QI investigamos também a segurança do aluno ao responder as questões. Apresentamos a seguir a sequência de gráficos que mostram a análise do grau de segurança assinalado pelo aluno e a respectiva categorização da resposta apresentada antes (esquerda) e depois (direita) de cada etapa experimental.



A: Adequada; PA: Parcialmente Adequada; E: Equivocada; NA: Não assinalado.

Figura 5.5: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 1ª etapa experimental

Na Figura 5.5, observamos que antes das apresentações das AED aproximadamente 70% das respostas apresentava baixo grau de segurança, estando a maior parte dessas incorretas. Após as apresentações das AED, mais de 50% das questões respondidas com alto grau de segurança, estando a maioria dessas corretas.

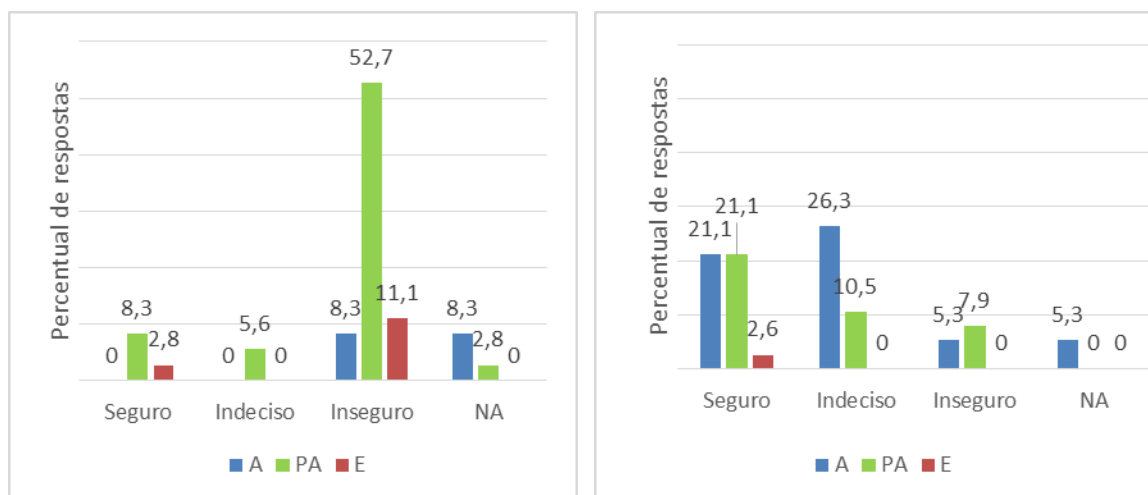


A: Adequada; PA: Parcialmente Adequada; E: Equivocada; NA: Não assinalado.

Figura 5.6: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 2ª etapa experimental

Na Figura 5.6, destacamos o significativo aumento (35,1%) nas respostas com grau de segurança alto e uma redução de 10% no percentual de resposta com grau de segurança baixo. Evidenciamos com isso que as AED permitiram que a maioria dos alunos se sentissem mais seguros ao responder as questões, mas isso não influenciou

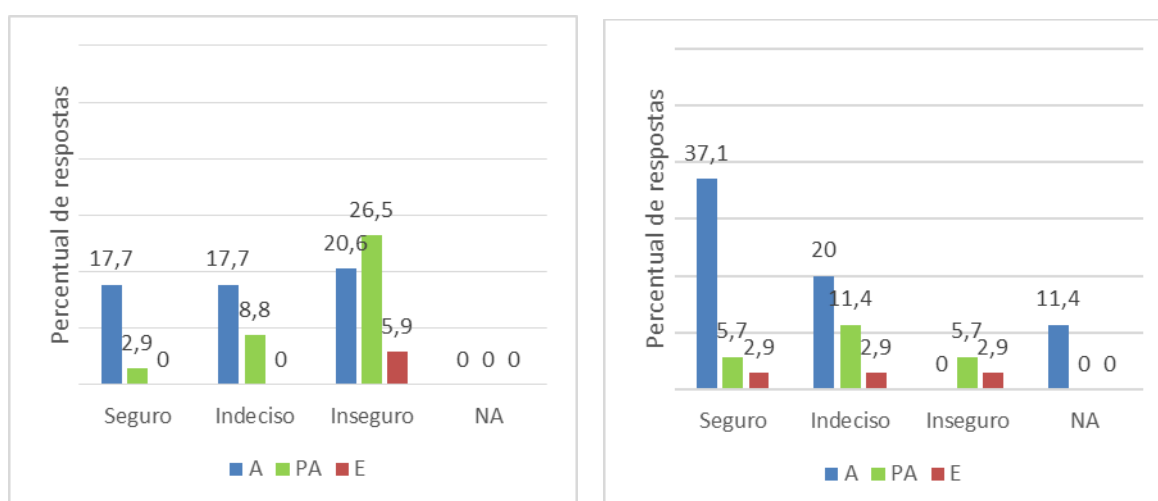
significativamente no fato do aluno acertar, visto que antes a maioria das questões foram respondidas corretamente, mesmo a maioria dos alunos não estando seguro de suas respostas.



A: Adequada; PA: Parcialmente Adequada; E: Equivocada; NA: Não assinalado.

Figura 5.7: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 3ª etapa experimental

Na Figura 5.7, observamos uma redução de 58,9% no percentual de resposta assinaladas com insegurança e um aumento de 33,7% nas respondidas com segurança. Constatamos também a elevação de 41,4% no percentual de respostas corretas.

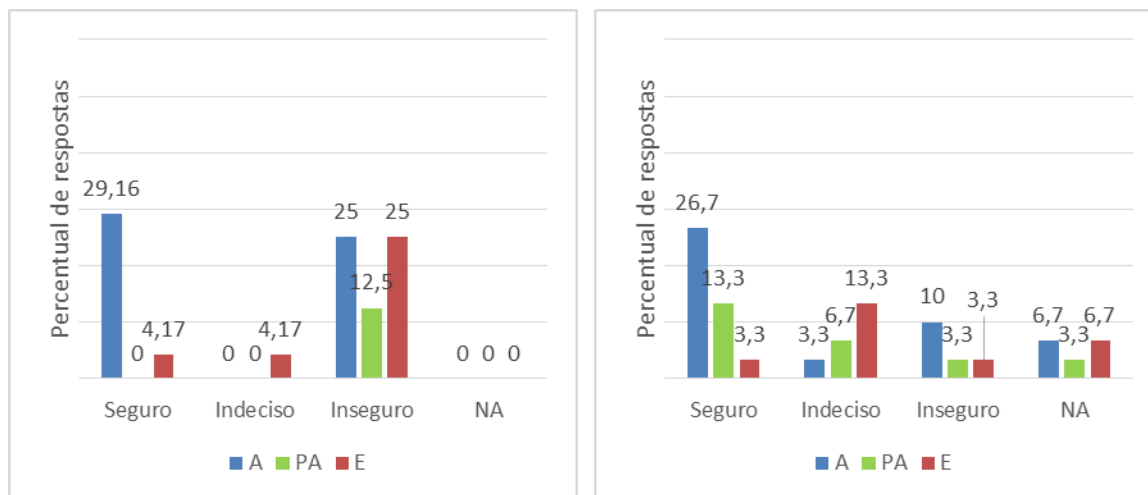


A: Adequada; PA: Parcialmente Adequada; E: Equivocada; NA: Não assinalado

Figura 5.8: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 4ª etapa experimental

Na Figura 5.8, observamos que as apresentações das PE possibilitaram um aumento de aproximadamente 30% nas respostas assinaladas com grau de

segurança alto e uma redução de quase 45% nas respostas apresentadas com grau de segurança baixo. Percebemos também um aumento de 12,5% nas respostas corretas.



A: Adequada; PA: Parcialmente Adequada; E: Equivocada; NA: Não assinalado.

Figura 5.9: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 5ª etapa experimental.

Na Figura 5.9, observamos que 62,5% das respostas, antes das apresentações, apresentaram baixo grau de segurança e que após as apresentações esse percentual reduz para 16,6%. Entretanto, observamos uma redução de 7,46% no percentual de resposta corretas após as AED.

Durante a 5ª etapa experimental, constatamos que todos os estudantes acertaram a primeira questão, mas apenas 20% acertou a segunda. Evidenciamos com essa situação uma provável aprendizagem mecânica, na qual o aluno não consegue transpor os ensinamentos para novas situações. “Cabe, no entanto, destacar que aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica não constituem uma dicotomia: estão ao longo de um mesmo contínuo. [...]” (MOREIRA, 2011, p.32). Destacamos que o processo de aprendizagem é lento e feito por contínuos e por rupturas, sendo necessário também que o aluno queira relacionar, de maneira não literal, os novos conhecimentos com o pré-existente em sua estrutura cognitiva. É o aluno quem decide se quer aprender significativamente. Mesmo após as apresentações das PE, 70% dos entrevistados estabelecem em suas respostas um equívoco conceitual dizendo que nos mecanismos interligados e preenchidos por um fluido, se as áreas são diferentes as pressões são diferentes.

Sustentamos que,

Uma razão por que os alunos desenvolvem frequentemente um mecanismo de aprendizagem memorizada numa matéria de aprendizagem potencialmente significativa prende-se ao facto de aprenderem, a partir de lamentáveis experiências anteriores, que as respostas substancialmente corretas que não estejam em conformidade, de forma literal, com aquilo que o professor ou manual escolar afirmam não tem qualquer crédito por parte de alguns professores. Outra razão consiste no facto de, por possuírem um nível geralmente elevado de ansiedade ou por terem fracassado repetidas vezes numa determinada disciplina (que reflete, por sua vez, uma aptidão relativamente baixa ou um ensino inadequado), não possuem confiança suficiente na capacidade de aprenderem de forma significativa; logo, acreditam que não tem alternativa para fugirem à aprendizagem por memorização. [...] (AUSUBEL, 2003, p.72)

Nessa 5ª etapa, percebemos que os conceitos de força e pressão, que tiveram sua abordagem iniciada no segundo ciclo, ainda não estavam bem diferenciados na estrutura cognitiva de 50% dos estudantes. Exemplificamos essa observação através da resposta do aluno⁵ A14 após as apresentações:

“Não compreendi, inicialmente eu achava que a pressão aumentava devido a cabeça ser maior que a tubulação que sai da bomba, agora, pensando mais, eu acho que o fato da tubulação de saída ser menor diminui a pressão exercida pela cabeça.”

Ressaltamos que,

[...] A reconciliação integradora tem sua tarefa facilitada no ensino expositivo, se o professor e/ou os materiais de instrução anteciparem e contra-atacarem, explicitamente, as semelhanças e as diferenças confusas entre novas ideias e ideias relevantes existentes e já estabelecidas nas estruturas cognitivas dos aprendizes. (AUSUBEL, 2003, p.6)

Evidenciamos assim a necessidade de o professor retomar os conceitos de pressão e força buscando garantir a consolidação desses antes da introdução de novos conceitos.

Para esse mesmo encontro, destacamos também a dicotomia observada entre os alunos que apresentaram suas PE nesse dia. O estudante A11 não respondeu a todos os itens presentes no questionário revelando a ansiedade e o nervosismo de atuar como “protagonista” desta etapa. Mas evidenciamos na terceira questão do questionário que o aluno consegue dar “[...]origem a significados verdadeiros[...]” (Ausubel, 2003, p.1) caminhando em direção à aprendizagem significativa: *“Onde eu aplico uma força na área menor, essa força da origem a uma pressão que é*

⁵ Todas as redações das respostas apresentadas pelos alunos serão transcritas nessa dissertação exatamente como redigidas pelos estudantes. Objetivamos com isso mostrar ao leitor a necessidade do engajamento dos professores de todas as disciplinas no processo formativo de interpretação de texto e escrita desses alunos.

transmitida a todos os pontos do liquido, quando essa pressão chega a área maior, a pressão será a mesma porem com uma força maior”,

Contrapondo com esse exemplo, o aluno A12 apresenta uma resposta na qual não são distinguindo os conceitos de pressão de força: *“Exercemos uma pressão menor onde o fluido será transmitido à todos os pontos exercendo uma pressão maior em uma área maior ”*. As circunstâncias em questão, somada ao contexto histórico escolar desse aluno parecem ter proporcionado uma tentativa de memorização dos conceitos expostos. Durante a apresentação da PE, observamos que o aluno preparou pequenos cartazes com os conceitos e enunciados que deveria abordar para que em sua apresentação “falasse tudo o que deveria dizer”. Assim,

[...] parece menos difícil e mais importante criar uma falsa impressão de compreensão fácil, através da memorização de alguns termos ou frases chave, do que fazer-se um esforço genuíno em compreender o que significam. [...] (ASUBEL, 2003, p.72)

Concordamos que:

[...] os alunos podem desenvolver um mecanismo de aprendizagem por memorização se forem pressionados a exibirem fluência, ou a ocultarem, em vez de admitirem e remediar, gradualmente deficiências existentes na compreensão genuína. [...] (AUSUBEL, 2003, p.72)

Acreditamos que a mudança de postura de aprendizagem do aluno passa pela mudança na postura de ensinar do professor pois,

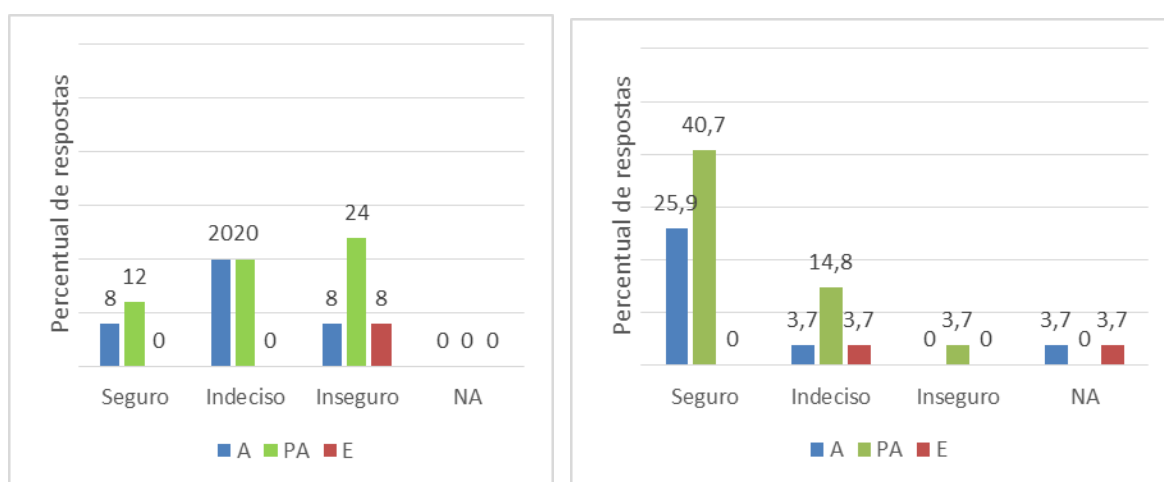
[...] Meu papel fundamental, ao falar com clareza sobre o objeto, é incitar o aluno a fim de que ele, com os materiais que ofereço, produza a compreensão do objeto ao lugar de recebe-la, na íntegra, de mim. Ele precisa se apropriar da *inteligência* do conteúdo para que a verdadeira relação de comunicação entre mim, como professor, e ele, como aluno se estabeleça. É por isso, repito, que ensinar não é transferir conteúdo a ninguém, assim como aprender não é memorizar o perfil do conteúdo transferido no discurso vertical do professor. Ensinar e aprender têm que ver com o esforço metodicamente crítico do professor de desvelar a compreensão de algo e com o empenho igualmente crítico do aluno de ir *entrando* como sujeito em aprendizagem, no processo de desvelamento que o professor ou professora deve deflagrar. [...] (FREIRE, 2013, p.116)

Para essa etapa experimental identificamos mudanças consideráveis no nível de conhecimento dos alunos, com a média de aproveitamento do grupo passando de 45% para 60%, mas consideramos que existem grandes indícios de aprendizagem mecânica nas respostas apresentadas por muitos dos pesquisados.

Apresentamos também a avaliação do aluno A7 para essa 5ª etapa experimental: *“Achei super importante, melhora o aprendizado, o conhecimento também mais quando os experimentos são explicados de maneira objetiva. ”*

Existem indícios de que o aluno considera a EE importante, mas que essa etapa específica, no entendimento do aluno, não foi muito objetiva e produtiva. Isso é reforçado pela declaração do nível de entendimento do aluno que permaneceu inalterado após os experimentos. Argumentamos que, como os conceitos de pressão e força ainda não estavam diferenciados na estrutura cognitiva da maioria dos alunos, a dificuldade de assimilação dos conceitos repercutiu na opinião do aluno para essa EE.

Na Figura 5.10, apresentamos os dados referentes a última etapa experimental.



A: Adequada; PA: Parcialmente Adequada; E: Equivocada; NA: Não assinalado.

Figura 5.10: Correlação entre o grau de segurança e as respostas apresentadas pelos alunos antes (esquerda) e depois (direita) das apresentações das AED da 6ª etapa experimental

Essas figuras mostram um aumento de 46,6% no percentual de questões respondidas com grau de segurança elevado e destacamos o baixo percentual de questões respondidas incorretamente, tanto antes como depois. Dentro da metodologia proposta, isso revela que os princípios ausubelianos da diferenciação progressiva, reconciliação integrativa e consolidação da aprendizagem utilizados no sequenciamento das AED produziram resultados satisfatórios.

Claramente, após a apresentação das AED os alunos aumentaram a segurança com que responderam às questões bem como apresentaram melhor desempenho nas questões propostas. Evidenciamos também que mesmo o percentual de respostas corretas não sofrendo grandes elevações (Figuras 5.6 e 5.8) e ou ainda no caso onde observamos uma redução no percentual de respostas corretas (Figura 5.9), nitidamente, as AED influenciaram positivamente no grau de segurança com o qual o aluno responde as questões.

Enfatizamos uma constatação apresentada no questionário intermediário II. Os alunos A3, A5 e A12 que haviam acertado a questão objetiva (Q1) antes da apresentação, erraram a resposta dessa questão após a apresentação das AED. Contrapomos esse resultado com os das respostas desses alunos para a questão discursiva (Q2) e percebemos que apenas o aluno A12 apresentou um “retrocesso”, apresentando menor consistência na resposta apresentada após as apresentações das PE. Destacamos a seguir a resposta desse estudante:

Antes: *“A ponta fina exerce uma pressão maior na pele, facilitando a penetração da agulha.”*

Depois: *“A agulha tem ser fina, porque a área a qual vai ser aplicada é maior e por isso tem que exercer pouca pressão.”*

Cabe lembrar que já diagnosticamos no questionário inicial as dificuldades relacionadas a leitura, interpretação de textos e escrita apresentadas pelos sujeitos participantes dessa pesquisa. Com isso, acreditamos que uma possível explicação para a situação observada seria que a dificuldade em relação ao encadeamento de ideias e consequentemente da escrita, não permitiu ao aluno externar o conhecimento que possuía. Outra possibilidade seria a ocorrência de aprendizagem mecânica, onde os alunos não conseguem transpor o conceito estudado para novas situações, mesmo estas estando próximas dos exemplos trabalhados nas AED.

Diante disso, acreditamos que a questão objetiva possui restrições quando buscamos que alunos externem seus conhecimentos e não as apontamos como o modo mais adequado para evidenciar os avanços dos alunos durante o processo educacional. Revelamos assim a importância de buscarmos diferentes instrumentos avaliativos, inclusive instrumentos que permitam ao aluno dialogar com o professor, externando os significados atribuídos ao objeto de estudo em questão e permitindo ao professor verificar o compartilhamento dos significados entre ambos.

Exemplificamos as dificuldades de escrita e interpretação de texto através da resposta apresentada pelo aluno A1 na primeira questão presente no questionário aplicado na quarta etapa experimental, antes das apresentações das PE:

“Porque com a pressão da água ser muito forte ocorre vazamento. É como a caixa d água estava vazia não tinha como mostrar o vazamento. ”

Observamos que esse aluno apresenta em sua resposta falas de seu cotidiano “*a pressão da água ser muito forte*” e escrita semelhante à sua fala (observada em diversos momentos ao longo da intervenção educacional realizada). Destacamos os ensinamentos de Freire (2011) de que a leitura do mundo precede a leitura da palavra e de que “ [...]A compreensão de um texto não é algo que se recebe de presente. Exige trabalho paciente de quem por ele se sente problematizado” (FREIRE, 2010, p.13). Acreditamos que é necessário promover nesse aluno um desequilíbrio, respeitando a autonomia e dignidade do estudante, mas mostrando que “ [...] a inconclusão que se reconhece a si mesma implica necessariamente a inserção do sujeito inacabado num permanente processo social de busca. [...]” (FREIRE, 2013, p.54). Ressaltamos ainda que esses sujeitos passaram por processos históricos que lhe conferem uma especificidade educacional onde o seu tempo de aprendizagem deve ser respeitado.

Para a última etapa experimental, observamos estabelecimento de respostas que utilizavam os conceitos de empuxo e densidade realizando assim a reconciliação integrativa entre esses conceitos. Também evidenciamos a transposição da linguagem científica para uma linguagem mais popular como apresentada pelo aluno A7 “*que o cutuca para cima*” indicamos com isso, o surgimento de novos significados no aprendiz refletindo a ação e a finalização anteriores do processo de aprendizagem significativa (AUSUBEL, 2003). Krummenauer, Costa e Silveira (2010), concluíram que propostas de ensino contextualizadas são fundamentais para despertar no aluno o prazer pela ciência, dar significado e valor ao que está sendo aprendido. Acreditamos que os apontamentos positivos obtidos com as AED são resultados da utilização de uma proposta contextualizada de ensino.

5.3 Prática investigativa

A prática investigativa foi realizada em dois encontros no laboratório de Física. No primeiro deles, estiveram presente onze alunos, não participando os alunos A1, A10 e A13. No segundo, tivemos a participação de 12 estudantes sendo que faltaram ao encontro os alunos A3 e A10.

No primeiro encontro, ocorreram manifestações de motoristas de ônibus, o que ocasionou a falta dos alunos A1 e A13. O aluno A2 relatou as dificuldades de chegar até a escola, explicando que precisou embarcar em um ônibus municipal que lhe deu acesso ao local onde embarcou em outro ônibus (intermunicipal) que o conduziu ao Iles. O fato de termos a maioria dos alunos presente, mesmo em uma situação adversa, reforça o comprometimento do grupo com relação ao estudo, vivenciado em diferentes momentos durante essa intervenção.

Os estudantes foram divididos em duplas, as quais ficaram assim estabelecidas: A1 e A13, A5 e A6, A7 e A8, A2 e A14, A9 e A12, A3 e A4. Devido ao número ímpar de alunos realizando a atividade, o aluno A11 realizou a atividade individualmente. Como o laboratório de Física utilizado possuía apenas três bancadas disponíveis, ficaram distribuídos em uma das bancadas os alunos A1, A2, A3, A4, A11, A13 e A14, em outra os alunos A5, A6, A7 e A8 e na terceira bancada a dupla A9 e A12.

Após todos escolherem o líquido, que utilizariam para investigar a massa específica, o aluno A14 questionou: *“Nós vamos fazer um experimento?”*. Após receber o apontamento positivo, o aluno A2, num tom de entusiasmo, respondeu: *“É!”*. Percebemos a alegria do grupo em estarem, pela primeira vez em um laboratório, executando um experimento. Esse entusiasmo ficou evidenciado também na fala do aluno A13 *“Estou me sentindo um Físico aqui!”*.

Após serem orientados sobre os materiais disponíveis, o aluno A3 questiona: *“Como que usa isso?”* Apontando para o densímetro. Imediatamente, aluno A2 pergunta *“Pode pegar a informação com você ou não?”*. Em seguida, o aluno A4 indaga: *“Como a gente vai saber se a resposta está certa?”*. O Aluno A3 participou perguntando e tentando compreender a diferença entre os diversos dinamômetros disponibilizados. Novamente, o aluno A3 demonstra preocupação em compreender como realizar a prática, questionando *“Como a gente vai saber usar esses negócios aí?”* Fazendo referência ao paquímetro. Nesse momento receberam a orientação de que a professora estaria disponível para auxiliá-los.

Na sequência, o aluno A5 começou a falar como pretendia proceder e a perguntar se o procedimento estava correto, enquanto os alunos A7 e A2 perguntaram se poderiam olhar no caderno. Inicialmente os alunos começaram a folhear os cadernos em busca de respostas de como proceder.

Buscando auxiliar os alunos, a professora-pesquisadora iniciou a condução da atividade.

Professora-pesquisadora: *O que vocês precisam para calcular a densidade?*

Aluno A5: *“Massa e volume”*

Professora-pesquisadora: *“E como você vai fazer isso A5?”*

Aluno A5: *“Densidade é massa dividida pelo volume.”*

Alunos A6 e A7 começaram a relatar como mediriam a massa e o volume e a professora-pesquisadora expõe em voz alta.

Aluno A4: *“Como a gente sabe o volume?”*

Aluno A7: *“Na água, será?”*

Professora-pesquisadora: *“Existem materiais disponíveis em cima da mesa.”*

Aluno A14: *“Paquímetro.”*

Professora-pesquisadora: *“Com o paquímetro você vai medir o volume?”*

Aluno A6: *“Sim. Medir o volume com o paquímetro.”*

Alguns alunos responderam não. Outros citaram o béquer e a seringa. A discussão foi conduzida até que os alunos identificassem que também havia sido disponibilizada a proveta para a realização da atividade.

Professora-pesquisadora: *“E o que indicam essas marcações aqui?”* (Apontando para as marcações de volume da proveta)

Aluno A1: *“O valor da massa.”*

Professora-pesquisadora: *“A massa? Então essas marcações aqui indicam 20 gramas, trinta gramas, é assim?”*

Aluno A13: *“Não, ml.”*

Professora-pesquisadora: *“E o que é o ml?”*

Aluno A13: *“É o volume.”*

Professora-pesquisadora: *“E como vocês calculam a densidade?”*

Aluno A13: *“Massa vezes volume? Eu acho que é menos.”*

Aluno A1: *“Não. Massa mais volume.”*

Professora-pesquisadora: *“Qual a diferença entre um navio e uma âncora? Igual a experiência que você fez com massinha de modelar (apontando para o aluno A1), por que um afunda e o outro flutua?”*

Aluno A1: *“São dois valores iguais. São a mesma coisa, mas lá são valores relativos.”*

Observamos que, apesar do aluno A1 ter apresentado sua proposta experimental envolvendo o conceito de densidade, tal conceito não está claro para o estudante, o mesmo ocorrendo para o aluno A13.

Após algum tempo de diálogo, a professora-pesquisadora questiona: *“Então você mede a massa, mede o volume e pode calcular a densidade. Como calculamos densidade?”*

Aluno A7: *“É massa dividido por volume.”*

Aluno A13: *“Então eu vou pegar primeiro a massa, depois o volume e depois dividir.”*

Após finalizarem, os alunos A1 e A13 solicitaram à professora-pesquisadora a verificação se os procedimentos e cálculos realizados para a determinação da densidade do fluido automotivo estavam corretos. Observamos que o valor encontrado não correspondia ao esperado.

Professora-pesquisadora: *“Que cálculo vocês fizeram para obter esse resultado?”*

Aluno A13: *“Pegamos a densidade e dividimos por esse valor aqui.”*

A dupla havia dividido a massa da proveta antes pela massa da proveta depois. Observamos na última fala transcrita acima, bem como nos equívocos cometidos pela dupla a falta da consolidação dos conceitos em suas estruturas cognitivas. Buscamos novamente promover a negociação de significados ressaltando os procedimentos executados e o objetivo que pretendiam alcançar. A dupla acompanhava com apontamentos positivos. Após esse momento, a professora-pesquisadora perguntou: *“Então, como vamos calcular a densidade?”*

Aluno A13: *“Eu vou pegar esse valor (mostrando novamente a massa da proveta vazia) e dividir pelo 70 (volume do líquido)? ”*

Para a ocorrência da aprendizagem significativa o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender (MOREIRA, 2011) e a estrutura cognitiva particular do aprendiz precisa conter ideias ancoras relevantes com as quais as novas informações possam se relacionar (AUSUBEL, 2003). Claramente na situação descrita acima, encontramos bloqueios para a aprendizagem significativa dos conceitos em questão.

Depois de um certo tempo, a dupla conseguir calcular corretamente a massa específica do líquido.

Aluno A13: (lendo a pergunta) *“o valor encontrado na literatura (risos). Literatura, isso é português? Ah, não vou colocar isso aqui não! Peraí, ela não perguntou a densidade?”*

Aluno A1: *“Ela colocou massa acho que esqueceu.”* (Fazendo referência o termo massa específica)

Evidenciamos assim que a dupla A1 e A13, mesmo depois das discussões e de terem calculado corretamente o valor da massa específica do líquido, não compreendeu o conceito de massa específica. Essa dupla não conseguiu realizar a segunda parte da atividade estruturada no roteiro. Realizaram a parte três que, segundo o aluno A13, era igual ao experimento que ele havia feito.

Os alunos A6 e A4 realizaram a medição da massa e do volume do shampoo utilizando a seringa (com 20ml de shampoo) e posteriormente a proveta (com 43ml do mesmo líquido). Relataram com surpresa o fato de terem encontrado a mesma densidade, e questionaram o resultado.

Muitos alunos perguntavam sobre a unidade de medida de densidade onde destacamos a pergunta do aluno A7: *Densidade é medida em ml?* Nesse momento, discutimos novamente os conceitos de densidade e massa específica, bem como os valores encontrados, buscando promover a renegociação de significados.

Observamos que os estudantes apresentaram dificuldades em transpor a atividade avaliativa para um momento de aprendizagem. Evidenciamos uma grande preocupação com as respostas em detrimento do aprendizado que seria causado pelo processo. Diagnosticamos a falta de domínio, por parte dos estudantes, dos procedimentos que utilizariam para realizarem as atividades e dos instrumentos que estariam utilizando. Exemplificamos esse fato relatando que os alunos A3 e A4

mediram a massa de outra proveta, diferente da que utilizaram, o que gerou um resultado equivocado.

Segundo Carvalho (2014, p.2),

[...] o professor precisa, agora ele, tomar consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos [...] É muito difícil um aluno acertar de primeira, é preciso dar tempo para ele pensar, refazer a pergunta, deixá-lo errar, refletir sobre o seu erro e depois tentar um acerto. O erro, quando trabalhado e superado pelo próprio aluno ensina mais do que muitas aulas expositivas quando o aluno segue o raciocínio do professor e não o seu próprio.

Constatamos que os conceitos de massa e volume, utilizados com frequência dentro e fora do ambiente escolar, não estavam apropriadamente ancorados e os procedimentos necessários para medi-los não foram imediatos. Percebemos também que os alunos iniciavam prontamente a prática, sem planejar e sem estabelecer os procedimentos que seriam necessários para responder o que foi proposto, o que poderia orientá-los no processo.

Iniciando a segunda parte da atividade, os alunos A2 e A14 solicitaram ajuda para utilizar o paquímetro e calcular o volume da esfera e posteriormente auxiliaram os demais colegas da bancada (A3, A4 e A11) nessa tarefa. Observamos que esses alunos utilizaram esferas de diferentes tamanhos durante a atividade.

Aluno A3: (com relação a esfera de vidro) *“A massa dela eu vou colocar o peso dela na balança?”*

No questionamento do aluno, percebemos que os conceitos de massa e peso não estão bem diferenciados, indicando a necessidade de retomar esses conceitos. Concluída essa atividade nessa bancada, discutimos a massa específica do vidro e o valor encontrado pelos participantes para a densidade da esfera de vidro. Observamos a surpresa dos alunos ao constatarem que as esferas (pequena ou grande) possuíam densidades semelhantes. Os alunos A2 e A14 perguntaram sobre a diferença entre densidade e massa específica, pois estavam confusos.

Moreira (2011) estabelece que a facilitação da aprendizagem significativa depende muito mais de novas posturas, novas filosofias, do que de novas metodologias, devendo agregar sobretudo novas maneiras de avaliar. Para o referido autor, a avaliação da aprendizagem significativa implica uma nova postura frente à avaliação, sendo essa predominantemente formativa e recursiva, permitindo que o aluno externalize os significados que está captando, que explique e justifique suas

respostas. Assim, fica evidenciado a necessidade de interação entre professor e alunos para verificar o compartilhamento de significados entre ambos e promoção, caso necessário, da renegociação de significados. Daí a importância do diálogo, pois sem ele não há comunicação e sem essa não há verdadeira educação (Freire, 2011).

Observamos o aluno A6 conversando com o A7 sobre o exemplo utilizado em sala de aula “o que pesa mais 1kg de ferro ou 1 kg de algodão” e explicando ao colega o que é densidade. Logo em seguida, pergunta ao aluno A9 como seria o “resultado esperado” para o questionamento do roteiro. Os alunos A6, A7 e A8 conversaram sobre a densidade da esfera de vidro e relataram que “quanto maior a esfera menor a densidade”. Dentro das discussões que estavam sendo realizadas, não houve a possibilidade de intervir de imediato.

Na condução da terceira parte da atividade, observamos que o aluno A3, apropriando-se das informações recebidas no início da aula, escolheu o dinamômetro mais adequado para verificar o empuxo sobre o cilindro em questão. Ressaltamos que todos os grupos solicitaram auxílio em relação a leitura e finalidade desse aparelho. Como não estavam habituados com procedimentos de laboratório, muitos mergulharam completamente o aparelho na água. Buscando não apresentar respostas prontas, conduzimos o diálogo entre os alunos na construção dos procedimentos que estavam executando para concluir o valor do empuxo, buscando relacionar os procedimentos realizados com o experimento realizado na aula anterior pelo aluno A13.

Percebemos também que

Essa passagem da ação manipulativa para a ação intelectual através da tomada de consciência de suas ações, não é fácil nem para os alunos nem para o professor, pois não é fácil conduzir intelectualmente o aluno por meio de questões, de sistematizações de suas ideias e de pequenas exposições. É muito mais fácil expor logo o conteúdo a ser ensinado! (CARVALHO, 2014, p.2)

Os alunos A9 e A12, que ficaram em bancada mais afastada dos demais colegas de turma, foram os primeiros a realizarem a tarefa. Na análise dos procedimentos utilizados e dos resultados encontrados, relatados pela dupla, verificamos que procederam de maneira exemplar e autônoma. Essa dupla solicitou apenas o auxílio da professora-pesquisadora no procedimento que envolvia o cálculo do empuxo. Quando solicitaram auxílio, já haviam colocado o cilindro de nylon na água e já

havam pesado o fluido deslocado. Após um breve diálogo com a professora-pesquisadora conseguiram concluir a atividade. Destacamos que desde o início da prática observamos a iniciativa e segurança do aluno A9 quando, muito antes de seus colegas, manifestou na escolha do líquido que gostaria de estudar: o mercúrio. Essa dupla foi a única que conseguiu cumprir todas as atividades utilizando apenas o primeiro encontro.

No segundo encontro os estudantes A5 e A6 foram os primeiros a tomarem iniciativa de retomar as tarefas reiniciando pela atividade que explorava o conceito de empuxo.

Aluno A6: *“Por que o óleo é mais denso que a água?”* (Referindo-se ao fato de ter que realizar o experimento com a água e com o óleo)

Professora-pesquisadora: *“O óleo é mais denso que a água?”*

Aluno A6: *“Mais denso.”*

Professora-pesquisadora: *“Quando você joga o óleo na água acontece o quê? Quando você está lavando a frigideira, o que você observa?”*

Aluno A6: *“Ah não, a água é mais densa que o óleo porque você vê a gordurinha que fica sobre a água. O óleo é menos denso que a água.”*

Durante algum tempo o aluno A5, que fez dupla com A6, tentou compreender como proceder para concluir a prática.

Professora-pesquisadora: *“O que é o empuxo? Vamos começar com isso...”*

Aluno A6: *“É algo que te puxa para cima.”*

Aluno A8: *“É uma força.”*

Professora-pesquisadora: *“É uma força que te empurra para cima, perfeito. Como que poderíamos calcular essa força? Por que você colocou o cilindro na água?”*

Aluno A5: *“a pressão que está exercendo sobre ele.”*

Professora-pesquisadora: *“Pressão, qual pressão?”*

Aluno A6: *“Do empuxo?”*

Observamos que os conceitos de pressão e força não foram bem diferenciados, sendo que nesse momento foi retomado os exemplos de pressão e empuxo

abordado em sala de aula com o intuito de promover a diferenciação progressiva e a reconciliação integrativa entre esses conceitos.

Professora-pesquisadora: *“Qual seria a relação entre o experimento de Arquimedes e o que estamos fazendo? O que ocorre com o cilindro quando colocamos na água?”*

Aluno A6: *“A água iria subir.”*

Professora-pesquisadora: *“O que representa essa água que sobe?”*

Aluno A6: *“O volume ou o peso que tem o material que foi imerso.”*

Claramente o aluno busca utilizar a definição do conceito de empuxo que havia escutado anteriormente entretanto, observamos a tentativa de memorização do conceito. Para aprender significativamente, “[...]o indivíduo deve optar por relacionar os novos conhecimentos com as proposições e conceitos relevantes que já conhece” (NOVAK; GOWIN, 1996, p.23) mas “[...]os alunos podem desenvolver um mecanismo de aprendizagem por memorização se forem pressionados a exibirem fluência [...]” (Ausubel, 2003, p.72). Diante disso, retomamos novamente o Princípio de Arquimedes e sua relação com o volume deslocado.

Professora-pesquisadora: *“O quanto que a água sobe representa o que?”*

Aluno A7: *“Empuxo.”*

Aluno A6: *“Peso.”*

Aluno A5: *“Isso parece com o experimento que a gente já fez.”* (Fazendo referência ao experimento da densidade da esfera).

Nesse momento a conversa foi conduzida para o experimento realizado pelos alunos A13 e A14. O aluno A8 lembrou que quando foi medido o peso do objeto fora e dentro da água o valor deu diferente e o aluno A6 comentou o exemplo utilizado na abordagem conceitual falando que dentro da piscina temos a impressão de estarmos mais leves, salientando que temos a impressão, mas que não estamos. Ressaltou também o exemplo do submarino abordado pelo aluno A14.

Aluno A8: *“O experimento de A14 era sobre empuxo? Por que o submarino enche de ar para subir e para descer enche de água. Isso tem a ver com empuxo?”*

Novamente, observamos a necessidade de promover a reconciliação entre os conceitos estudados, pois fica evidenciado que não estavam bem assimilados. Após a retomada dos conceitos, o aluno A6 comentou: *“se as pessoas soubessem disso nem morreriam afogadas. Por que a pessoa não tem conhecimento que a gente tem agora”* revelando que o aluno reconhece a importância do conhecimento que está adquirindo. Depois disso, iniciou no grupo a discussão sobre o acidente que houve em Vitória em que um carro caiu na baía de Vitória e os ocupantes morreram afogados. Neste momento, comentaram sobre a dificuldade em abrir o vidro do carro.

Freire (2011, p.120) estabelece que

O que temos de fazer, na verdade, é propor ao povo, através de certas contradições básicas, sua situação existencial, concreta, presente, como problema que por sua vez o desafia e, assim, lhe exige resposta, não só no nível intelectual, mas no nível da ação.

Transpondo o ensinamento acima para a situação vivenciada no laboratório, acreditamos que poderíamos ter explorado os conceitos em questão a partir do exemplo apresentado pelos alunos tornando-os assim mais significativos para esses estudantes.

Aluno A7: *“Deve ter sido um três metros...a cada dez metros aumenta um atm...”*

Em seguida, o aluno A7 explica para os alunos A5, A6 e A8 como proceder para calcular o empuxo e novamente eles compararam os procedimentos que estavam realizando nessa atividade com os que realizaram na atividade sobre densidade.

Observamos que o aluno A7 demonstra bom entendimento do conceito de pressão hidrostática e empuxo. Novamente revela uma dificuldade em relação a utilização das unidades de medida, perguntando: *empuxo é medido em que?* O aluno recebe a orientação de que, sendo uma força, no Sistema Internacional será medido em newtons.

Aluno A7: *“Então o valor do empuxo é de 400N. É porque o volume que deu da água (...) 40ml (...) e nós multiplicamos pela gravidade...”*

O diálogo foi conduzido de modo a evidenciar que o que havia sido medido era o volume da água e não sua massa.

Professora-pesquisadora: *“Como podemos calcular a massa de água?”*

O aluno A7 explicou corretamente e conduziu o aluno A5 na realização dessa atividade.

Após realizarem os cálculos, o aluno A7 disse: *“Aí professora deu quase quarenta.”*

Professora-pesquisadora: *“Por que deu quase quarenta? Qual densidade da água?”*

Aluno A7: *“É um.”*

Professora-pesquisadora: *“O que é massa e o que é peso? Qual a diferença entre esses dois conceitos?”*

Aluno A8: *“Massa é o que eu vejo.”*

Aluno A6: *“Então, no caso, na verdade, a diferença que tem entre o newton e o quilograma são a mesma coisa, porém com números diferentes, como se fosse kelvin, Celsius quer dizer quase a mesma coisa, porém convertido. É como se fosse aqui um quilograma 50 reais e aqui 50 dólares.”*

Observamos a importância do diálogo e do aluno externar os significados que está captando. Como os conceitos cientificamente aceitos para massa e peso não estavam consolidados na estrutura cognitiva desses estudantes, retomamos esses conceitos no intuito de promover a renegociação de significados.

Observamos o espanto do aluno A11 ao retomar sua atividade calculando o empuxo sobre o cilindro de nylon quando imerso no óleo ao dizer: *“professora, deu maior com o óleo!”*. Nesse momento evidenciamos o entendimento desse aluno a respeito da influência da densidade do líquido sobre o valor do empuxo e da compreensão de que a densidade do óleo era menor que a da água. Dialogamos sobre a necessidade refazer os procedimentos e investigar o que havia ocorrido, o que foi acatado pelo aluno. Posteriormente, quando realizou a atividade com o cilindro de metal (menor que o de nylon) o estudante apresentou espanto ao verificar que o empuxo era menor.

Aluno A11: *“Mas o cilindro é mais pesado.”*

Professora-pesquisadora: *“O empuxo teria que ser maior?”*

Aluno A11: *“Sim.”*

Professora-pesquisadora: *“Do que depende o empuxo? Não depende do volume submerso. Olha o volume desse cilindro de metal e o volume desse de nylon. O volume do de metal não é menor!”*

No grupo conduzido pelo aluno A7, observamos que tentavam utilizar o dinamômetro para verificar o empuxo que atua sobre o cilindro (anteriormente eles pesaram o volume deslocado).

Aluno A7: *“Aí já dá em newtons.”*

Aluno A5: *“Mais se eu quiser usar igual no outro pode.”*

Professora-pesquisadora: *“Por que vocês tiveram a ideia de utilizar o dinamômetro?”*

Aluno A6: *“Por que a gente se baseou no grupo de lá.”*

Aluno A7: *“Fica mais fácil, já dá em newtons.”*

Aluno A6: *“Mais só se quiser, não é obrigatório usar.”*

Professora-pesquisadora: (Mostrando a leitura do dinamômetro no ar e na água) *“Por que diminuiu?”*

Aluno A6: *“Por que o empuxo exerce uma força para cima.”*

Professora-pesquisadora: *“Qual seria o valor do empuxo? O valor da força que está sendo exercida para cima?”*

Aluno A6: *“Vai ter que diminuir. Esse aí é mais difícil...”*

O aluno A7 conduziu todos os procedimentos e cálculos. Observamos a liderança desse estudante frente ao grupo e destacamos também o auxílio prestado por esse aluno aos demais colegas de outros grupos.

Evidenciamos com a prática investigativa que,

“no ensino, o que se pretende é que o aluno atribua aos novos conhecimentos, veiculados pelos materiais de aprendizagem, os significados aceitos no contexto da matéria de ensino, mas isso normalmente depende de um intercâmbio, de uma “negociação”, de significados, que pode ser bastante demorada.” (MOREIRA, 2011, p.25)

Diagnosticamos as dificuldades das duplas em escrever os procedimentos que pretendiam adotar e a surpresa ao lerem algumas palavras que não compreendiam o significado tais como dinamômetro e proveta. Ressaltamos que todos os alunos foram auxiliados durante as realizações das medições. Evidenciamos que o fato dos

alunos estarem próximos influenciou nos procedimentos realizados, sendo que as atividades foram efetivamente realizadas em grupos de acordo com a disposição dos alunos nas bancadas, e percebemos a importância da interação entre os participantes durante o processo no intuito de promover um auxílio na execução das atividades.

Exemplificando a observação acima, os alunos A2 e A14 inicialmente relataram que mediriam a densidade da água com o densímetro e posteriormente utilizaram a relação massa/volume. Quando questionados por quê, verificamos que a mudança de procedimento foi influenciada pela escolha dos demais colegas.

Observamos também a insegurança do grupo, sempre solicitando à professora-pesquisadora o apontamento positivo para a metodologia utilizada e a análise da resposta obtida o que tornou a aula muito mais trabalhosa para a professora-pesquisadora que necessitava desloca-se para atender a todos e conduzi-los sem apresentar “a resposta pronta”. Por vezes, a ansiedade da professora-pesquisadora não permitia o silêncio e logo tentava conduzir os estudantes a resposta. Como primeira prática investigativa realizada pela professora-pesquisadora, “aqui chegamos ao ponto de que talvez devêssemos ter partido. O do inacabamento do ser humano” (FREIRE, 2013, p.50) onde concluímos que também muito aprendeu a professora com a realização dessa atividade.

Devido às limitações estruturais, percebemos que a atividade que deveria ser realizada em dupla passou a ser realizada em grupos de acordo com as bancadas disponibilizadas no laboratório. Observamos o entusiasmo do grupo com a atividade, o comprometimento em tentar cumprir plenamente a proposta e o desconhecimento dos alunos acerca das práticas experimentais realizadas em laboratório bem como dos materiais utilizados na realização dessa prática. Constatamos a necessidade de a professora-pesquisadora retomar alguns conceitos que ainda não estavam consolidados para esse grupo.

Concluído os procedimentos de coleta de dados, os alunos foram conduzidos a outra sala para a discussão da atividade realizada. Todos compartilharam os procedimentos que executaram e os resultados que obtiveram sendo que, com exceção dos alunos A7 e A8 que haviam encontrado para a massa específica do líquido em questão um valor distante do esperado devido a falhas em sua

calculadora, os valores encontrados estavam próximos do valor esperado. Com relação ao empuxo, perceberam que todos os grupos encontraram valores próximos mesmo utilizando técnicas diferentes revelando assim a importância desse momento de “troca de experiência”.

Destacamos que os alunos A2, A4, A7, A9, A11 e A14 tiveram boa interação e demonstraram que a atividade muito contribuiu para a consolidação dos conceitos estudados. Já os alunos A1, A6, A8 e A13 revelaram grandes dificuldades de compreensão dos conceitos.

E os alunos A5 e A12, por serem extremamente calados e tímidos, não se manifestaram muito não nos permitindo julgar o quão domínio tinham sobre os conceitos abordados e o quanto a atividade contribuiu para a solidificação desses conceitos.

Assim como Erthal (2011), apontamos a necessidade de mudança na estruturação e nos objetivos das atividades experimentais de laboratório de Física devendo ser explorado com o intuito de possibilitar a reflexão dos estudantes sobre as suas próprias ideias acerca dos conceitos subjacentes ao aparato experimental.

Reforçamos também os apontamentos de Freitas e Aguiar Júnior (2012) de que o acolhimento e incentivo do professor, para com seus alunos, resultam em efetivo protagonismo dos estudantes na aula.

Assim, transpondo para a prática investigativa as considerações de Novak e Gowin (1996) sobre o processo de negociação de significados, o professor supostamente sabe o que é correto, cientificamente aceito para o conceito em questão, mas os significados cognitivos, os quais não podem ser transferidos para os estudantes como se tratasse de uma transfusão de sangue, devem ser construídos através do diálogo, compartilhamento, troca e estabelecimento de compromissos. A aprendizagem é uma questão de responsabilidade individual. Os significados podem ser compartilhados, discutidos, negociados e sujeitos a consenso. Aprendizagem é algo pessoal e idiossincrática e o conhecimento é público e compartilhado.

5.4 Análise dos resultados da avaliação tradicional

Participaram dessa etapa da pesquisa em campo onze estudantes. Faltaram nesse dia os alunos A3, A5 e A10. A avaliação tradicional foi aplicada no último encontro da intervenção educacional. As questões presentes nessa avaliação tinham o objetivo de investigar a compreensão dos alunos acerca dos conceitos estudados.

Segundo Moreira (2011, p.51),

A proposta de Ausubel é radical: para ele, a melhor maneira de evitar a simulação da aprendizagem significativa é propor ao aprendiz uma situação nova, não familiar, que requeira máxima transformação do conhecimento.

Na elaboração da avaliação consideramos os princípios da diferenciação progressiva e da reconciliação integrativa e sendo “menos radicais”, utilizamos situações-problema que caminhavam desde questões próximas aos exemplos trabalhados até situações completamente novas. Essa atitude intencional fez com que a prova tivesse 21 itens para serem respondido pelos alunos.

Os critérios definidos e adotados nesse trabalho para cada categorizar as respostas dos alunos nas 16 questões presentes na avaliação tradicional estão apresentados no Quadro 5.2.

Para as questões que envolviam em sua resposta a apresentação de mais de um conceito, como por exemplo a segunda questão que abordava os conceitos de densidade e empuxo, consideramos como incompleta as respostas que citavam apenas um deles.

O APÊNDICE K exibe o enquadramento de cada uma das respostas apresentadas pelos alunos.

Categorias	Características	Exemplares⁶
Resposta Esperada Completa (RC)	Apresenta os conceitos, as proposições e as unidades de medida corretamente, respondendo plenamente à questão proposta.	<i>Quanto menor a área, maior a pressão. A pressão é uma força aplicada em uma determinada área, no caso do salto, ele possui uma área pequena e existe a força peso do corpo da mulher exercendo uma pressão sobre o salto e conseqüentemente sobre a grama e devido o salto ser fino a pressão é maior, permitindo que ele afunde na grama com mais facilidade. (A14)</i>
Resposta esperada com pequenos equívocos conceituais (RE)	Apresenta o conceito central da questão (ou mesmo mais de um), mas em algum momento utiliza os conceitos de modo equivocado (conceitos alternativos ou falha na compreensão do significado da grandeza utilizada).	<i>Está exercendo uma pressão maior em uma área menor. (A12)</i>
Resposta Incompleta (RI)	Diferente da categoria anterior, onde existe a presença de conceitos equivocados, nessa categoria ocorre a OMISSÃO de conceitos que deveriam estar presentes para a resposta apresentasse o conhecimento cientificamente aceito para a questão proposta. Apresenta o conceito central relacionado à resposta da questão proposta, porém não apresenta todas as proposições necessárias para a resposta completa à situação apresentada estando assim sua resposta incompleta.	<i>O salto afunda porque ao pisar exerce uma força que faz uma pressão com isso o salto afunda, isso e somente devido a força, porque se não ouvesse força não afundaria porque os pés exerceram uma pressão. (A13)</i>
Conceitos confusos (CC)	A resposta que apresenta contexto com o conteúdo em questão (de alguma forma aborda os conceitos trabalhados), mas de modo equivocado. Demonstra que o aluno não conseguiu atribuir os significados cientificamente aceitos, mas que buscou responder associando as discussões realizadas no estudo.	<i>Isso ocorre porque toda pressão do corpo esta sendo exercida sobre esse salto e por ela está concentrada nesse salto acontece o fundamento. (A6)</i>
Incoerente (I)	Demonstra não possuir conhecimento acerca do assunto ou não compreensão do enunciado da questão, apresentando uma resposta que foge completamente a questão proposta.	<i>A força do empuxo é maior sobre a grama. Empurrando ele para baixo. (Aluno A8)</i>
Branco (B)	Questão em branco	

Quadro 5.2: Categorias para análise das respostas apresentadas pelos alunos na avaliação tradicional

⁶ Todos os exemplares foram respostas apresentadas pelos alunos na questão Q5 da avaliação tradicional

Na Tabela 5.4 apresentamos a classificação das respostas por questão.

Tabela 5.4: Classificação do percentual de respostas por questão

	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8A	Q8B	Q9A	Q9B	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14A	Q14B	Q14C	Q14D	Q15	Q16
	Percentual (%)																				
RC	73	-	27	55	37	36	18	73	46	46	55	27	19	46	28	28	46	46	28	55	18
RI	9	55	37	-	18	46	64	-	27	27	-	-	9	9	18	18	-	-	18	-	-
RE	-	-	-	9	27	18	-	18	-	18	36	-	18	9	27	18	-	-	9	27	18
CC	18	-	9	18	9	-	-	9	18	-	-	64	27	-	18	9	-	9	9	9	46
I	-	36	27	-	9	-	18	-	-	-	-	9	-	9	-	9	27	18	9	9	9
B	-	9	-	18	-	-	-	-	9	9	9	-	27	27	9	18	27	27	27	-	9

RC: Resposta Completa; **RI:** Resposta Incompleta; **RE:** Resposta com Equívocos; **CC:** Conceitos Confusos; **I:** Incoerente; **B:** Branco.

Observamos que para a primeira questão, que abordava o conceito de densidade e a posição de equilíbrio determinada pela densidade relativa entre uma esfera e o líquido na qual foi imersa, 82% dos alunos apresentam compreensão desse conceito.

As questões 2, 3 e 9A envolviam, além do conceito de densidade, os conceitos de empuxo e peso. Isso impõe maior complexidade às questões, quando comparada à primeira, e exige maior esforço cognitivo do aluno para que consiga redigir sua resposta de modo completo. Vale ressaltar que a questão 3 foi a questão elaborada pelo aluno A1, quando entrevistado pela professora-pesquisadora ao término da apresentação de sua proposta experimental.

Na questão 9A, que explorava um exemplo próximo ao trabalhado em sala de aula, 91% dos alunos apresentaram em suas respostas conceitos relacionados à resposta esperada. Já para a terceira questão 64% demonstraram conhecimento sobre os conceitos abordados. Quando observamos o desempenho dos alunos na segunda questão, que apresentava uma situação-problema completamente nova para os sujeitos dessa pesquisa, a maioria dos estudantes (55%) expuseram respostas incompletas, evidenciando compreender a ideia central da questão, mas não conseguindo redigir toda a resposta esperada. Esse resultado apresenta apontamento positivo pois, para os conceitos citados, observamos que a maioria dos alunos conseguiram extrapolar a aplicação dos conceitos estudados para além dos exemplos apresentados em sala de aula.

Para a questão 16, que abordava o cálculo da densidade de um objeto como explorado na prática investigativa realizada no laboratório, apenas 36% dos alunos apresentaram domínio da situação proposta. Desse grupo, observamos ainda a dificuldade em apresentar corretamente a unidade de medida de densidade. Observamos que 46% dos alunos tentaram resolver a situação propostas, mas evidenciaram não possuir domínio dos procedimentos e cálculos necessários para essa finalidade e 18% demonstraram nenhuma compreensão sobre a situação. Acreditamos que uma explicação para esse resultado insatisfatório já foi relatada no item 5.3 quando analisamos os dados provenientes da prática investigativa. Lá destacamos que evidenciamos uma grande preocupação com as respostas em detrimento do aprendizado que seria causado pelo processo, o que é reforçado por esse resultado. Acreditamos também que o fato desse ser o último item de uma avaliação extensa, que promoveu certo desgaste no estudante, também corroborou para esse resultado.

Isso nos permite inferir que para pouco mais da metade do grupo pesquisado encontramos indícios de aprendizagem significativa para os conceitos abordados nas questões anteriormente citadas e que 36% dos pesquisados apresentam além do domínio de conceitos, habilidades nos procedimentos e cálculos para a resolução de situações-problema que envolvem a utilização da fórmula de densidade.

Analisando as questões 5 e 4, onde abordamos o conceito de pressão através de uma situação-problema semelhante as apresentadas durante o estudo e outra ligeiramente distante, observamos que 82% dos alunos tiveram desempenho satisfatório para o primeiro caso e 64% no segundo caso, apontando que a maioria dos pesquisados (64%) conseguem externalizar excelente domínio do conceito de pressão.

As questões 6, 7, 8A e 9B exploravam a Lei de Stevin. Observamos que para essas quatro situações, mesmo variando o percentual de alunos que obtiveram desempenho considerado satisfatório, tivemos sempre índice superior a 82% dos alunos com respostas corretas ou correlacionadas a resposta esperada. Esse resultado indica o bom entendimento da maior parte dos pesquisados sobre a Lei de Stevin.

As questões 8B, 10, 11 e 12 exploravam situações-problema envolvendo o conceito de pressão atmosférica. Para as questões que representavam exemplos próximos

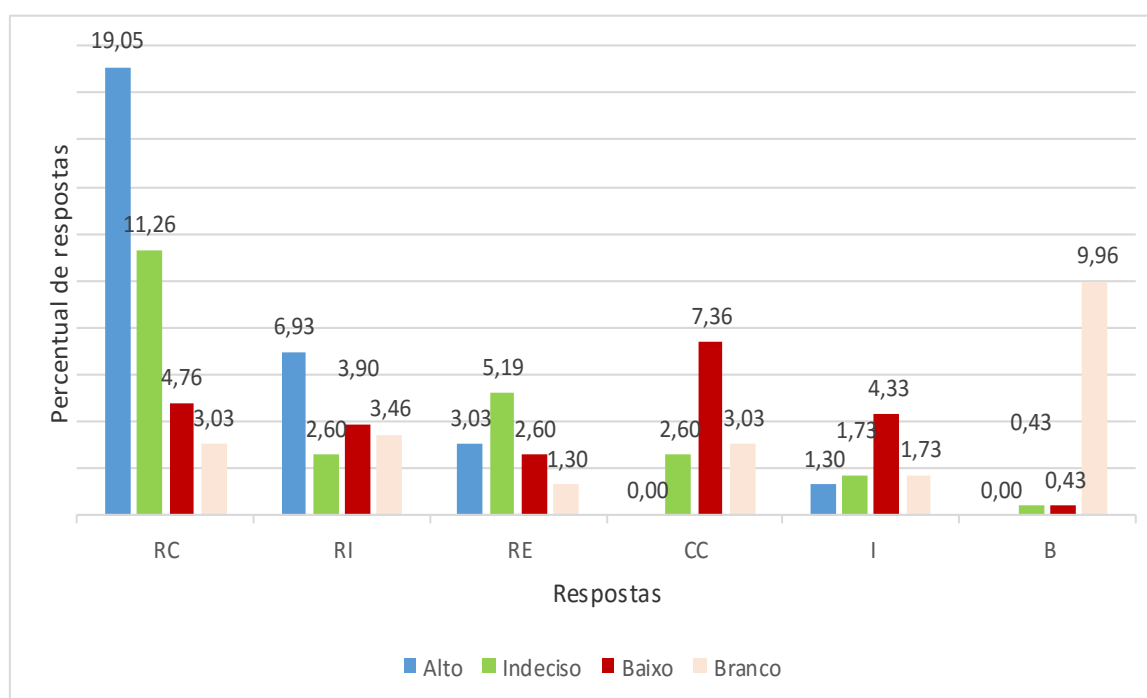
aos abordados nas AED (8B e 12), observamos melhor desempenho dos alunos (73% e 64%). Na questão 10, mesmo apresentado uma situação – problema discutida durante a intervenção, apenas 27% dos alunos apresentaram em suas respostas domínio do conceito e na questão 11 apenas 46%. Destacamos com esses resultados que situações e conceitos abordados através das AED apresentam melhor assimilação quando comparadas com uma abordagem apenas conceitual, pois permitem melhor compreensão do problema proposto.

Para a questão 13, que abordava o Princípio de Pascal, observamos que 73% conseguiu assimilar os conceitos centrais presentes nesse Princípio.

A questão 14 (A, B, C e D) abordava o conceito de empuxo e os procedimentos metodológicos utilizados na prática investigativa realizada no laboratório. Verificamos que 64% dos alunos conseguem representar as forças que atuam sobre o corpo quando o mesmo está submerso, 46% dos estudantes compreendem que o volume de líquido deslocado é igual ao volume submerso do corpo e que o peso do mesmo é o valor indicado pelo dinamômetro antes da introdução do corpo na água e 55% apresentaram domínio do valor do empuxo sobre o bloco. Esse resultado mostra que os procedimentos envolvidos nessa atividade foram mais bem compreendidos do que os que propostos na questão 16, mas ainda estão aquém do resultado esperado, reforçando mais uma vez que os estudantes apresentaram dificuldades em transpor a prática investigativa para um momento de aprendizagem.

Para a questão 15, que abordava uma situação discutida em sala de aula sobre a aparente redução no peso de um objeto ao estar submerso, observamos que 82% dos alunos conseguiram dar respostas satisfatórias, mostrando que a maioria dos alunos conseguiram assimilar significativamente o conceito de empuxo.

Realizamos o levantamento da classificação das respostas apresentadas pelos alunos e os respectivos graus de segurança com as quais foram respondidas. Apresentamos na Figura 5.11 a correlação entre essas informações.

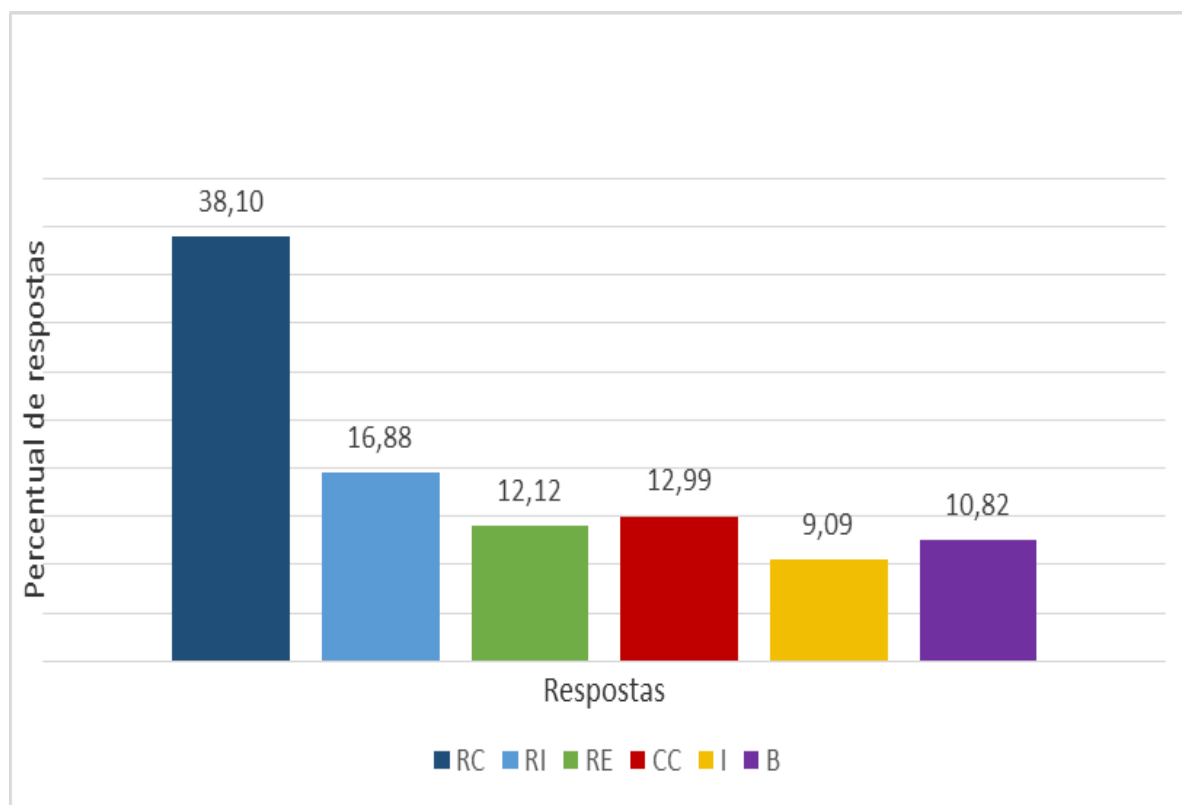


RC: Resposta Completa; **RI:** Resposta Incompleta; **RE:** Resposta com Equívocos; **CC:** Conceitos Confusos; **I:** Incoerente; **B:** Branco.

Figura 5.11: Correlação entre as respostas apresentadas pelos alunos na avaliação tradicional e o grau de segurança assinalado pelo aluno

Na Figura 5.11, evidenciamos que a maioria das respostas corretas foram respondidas com segurança e ainda que 13% dos itens respondidos não apresentavam grau de segurança assinalado. Aproximadamente 1% das questões, mesmo estando em branco, apresentava o grau de segurança assinalado, mas como esse percentual é extremamente baixo não compromete a análise.

Apresentamos na Figura 5.12 o levantamento do percentual de respostas apresentadas pelos alunos



RC: Resposta Completa; RI: Resposta Incompleta; RE: Resposta com equívocos; CC: Conceitos Confusos; I: Incoerente; B: Branco.

Figura 5.12: Categorização das respostas apresentadas pelos alunos na avaliação tradicional e seus respectivos percentuais

Claramente, observamos que a maioria das respostas apresenta correlação com a resposta esperada (67%) e que as respostas em branco ou incoerentes, que apontam que a intervenção não produziu alteração na estrutura cognitiva do aluno, foram apenas 20%. Esse resultado evidencia que a metodologia utilizada durante a intervenção foi satisfatória e permitiu que tivéssemos a maioria dos alunos apresentando evidências de aprendizagem significativa para os conceitos abordados em Hidrostática, com exceção do conceito de pressão atmosférica. Argumentamos, que o resultado obtido é extremamente estimulante, pois mesmo com as adversidades encontradas, tais como o elevado número de faltas dos alunos durante essa intervenção, obtivemos uma média de desempenho acima de 50% de aproveitamento. A título de exemplo, apresentamos duas respostas de diferentes sujeitos dessa pesquisa para diferentes questões.

A11: (Questão 1) *“A esfera ira se submerge não completamente. Pois a esfera é menos densa e o mercurio é mais denso. E o empuxo ira agir sobre a esfera: que ira*

ficar em equilíbrio. Obs: a proveta é tão estreita que dependendo da esfera esfera ela nem entra.”

A14: (Questão 3) *“A encher sua bexiga natatória os peixes aumentam a sua força peso o que permite afundar e ao esvaziar a sua bexiga eles diminuem a sua força peso o que os permitem emergirem, assim o auxílio da força empuxo também, eles podem controlar o nível de sua profundidade na água. ”*

Nas respostas apresentadas acima, sustentamos que existem indícios de aprendizagem significativa pois,

[...] envolve quase sempre, pelo menos uma pequena variação entre a forma como o aprendiz interioriza as novas informações e a forma como o professor as percebe e apresenta. [...] (AUSUBEL, 2003, p.79)

Destacamos a recepção dos alunos a metodologia adotada e acreditamos que o estudo realizado mostrou que a utilização de uma proposta de ensino potencialmente significativa, produziu evidências de aprendizagem dos conceitos estudados na maior parte dos sujeitos dessa intervenção.

5.5 Mapas conceituais

Todos os estudantes elaboraram o MC antes da intervenção e 12 alunos elaboraram o MC após a intervenção, sendo que os alunos A3 e A10 não participaram desse momento de coleta de dados. A comparação entre os mapas antes e depois permite identificar as mudanças promovidas pela intervenção realizada.

Para análise dos MC reestruturamos os critérios propostos por Mendonça (2012).

O Quadro 5.3 apresenta a categorização para a classificação dos mapas.

Categorias	Características	Informações relevantes
MC Suficiente (S)	Revela EXCELENTE domínio dos conceitos estudados apresentando as informações conceituais relevantes para o tema em questão.	Apresenta hierarquia conceitual, estabelece as proposições corretamente e com palavras de ligação adequadas. Apresenta exemplos.
MC Bom (B)	Revela BOM domínio dos conceitos estudados apresentando alguns conceitos centrais do tema.	Apresenta hierarquia apreciável, palavras de ligação e conceitos não claros.
MC Regular (R)	Revela POUCO domínio dos conceitos estudados apresentando um número reduzido de conceitos.	Apresenta hierarquia básica, demonstrando sequências lineares e palavras de ligação e conceitos não claros.
MC Insuficiente (I)	Revela AUSÊNCIA de compreensão dos conceitos estudados apresentando pouquíssimos conceitos relevantes relacionados ao tema em questão.	Apresenta proposições que não mostram domínio dos conceitos em questão e sem hierarquia conceitual.

Quadro 5.3: Categorias de análise da classificação do MC

O Quadro 5.4 estabelece os critérios para a análise quantitativa dos MC.

Crítérios	Definição
Conceitos	Palavras inseridas nos mapas que estão no interior de um quadrado ou de um círculo.
Conceitos Válidos	Palavras que estão relacionados direta ou indiretamente ao tema abordado.
Proposições	Consistem de dois ou mais termos ligados, por palavras ou não, formando uma unidade semântica.
Proposições Inválidas	Conexões entre dois ou mais conceitos, com ou sem palavras de ligação, que não possuem relação cientificamente aceita na união entre dois conceitos.
Relações Cruzadas	Ligações significativas entre um segmento de hierarquia conceitual e outro segmento (proposições que atravessam níveis hierárquicos).
Exemplos	Acontecimentos ou objetos concretos que exemplificam a aplicação do conceito.

Quadro 5.4: Critérios utilizados para a classificação quantitativa do MC

Da análise dos mapas elaborados pelos estudantes, apresentamos na Tabela 5.5 os conceitos listados como palavras-chave e o percentual de mapas, antes e depois da intervenção, que apresentavam cada um desses conceitos.

Tabela 5.5: Conceitos listados e o percentual de mapas que apresentaram cada um dos conceitos

Conceito	Percentual de citações (%)	
	Antes	Depois
Hidrostática	64	75
Densidade	50	58
Massa	71	42
Volume	57	50
Pressão	64	83
Força	50	92
Área	7	42
Lei de Stevin	21	42
Fluidos	14	67
Líquidos	36	42
Gases	21	42
Repouso	21	25
Pressão atmosférica	21	33
Evangelista Torricelli	7	8
Vasos comunicantes	-	17
Princípio de Pascal	14	50
Elevador hidráulico	14	25
Prensa hidráulica	7	17
Direção hidráulica	7	17
Máquinas hidráulicas	21	8
Princípio de Arquimedes	7	50
Empuxo	43	92
Flutuação dos corpos	36	50
Peso	29	17
Peso aparente	7	33
Submarino	21	25
Altitude	7	25
Profundidade	29	58
Gravidade	7	33
Pressão hidrostática	14	17

Outros termos, tais como objeto, água, denso, característica de um corpo, massa específica, piscina, vácuo, dentre outros, foram citados pelos alunos ao longo da elaboração dos mapas.

Evidenciamos que os estudantes apresentaram, em seus mapas iniciais, conceitos que já haviam sido estudados anteriormente, tais como massa, volume e força. Consideramos que o elevado número de citações do termo Hidrostática foi influenciado pelo momento anterior a elaboração do mapa, onde os alunos foram esclarecidos sobre a pesquisa que seria realizada e o tema de estudo em questão. Os conceitos de pressão e densidade, que também foram bastante citados, claramente estão relacionados com conceitos utilizados no dia-a-dia do estudante.

Destacamos a importância desse levantamento para o diagnóstico das “palavras” já conhecidas por esses sujeitos e das interligações estabelecidas entre essas palavras. Estabelecendo uma transposição para os ensinamentos de Freire (2011, p.116),

Para o educador-educando, dialógico, problematizador, o conteúdo programático da educação não é uma doação ou uma imposição – um conjunto de informes a ser depositado nos educandos -, mas a devolução organizada sistematizada e acrescentada ao povo daqueles elementos que este lhe entregou de forma desestruturada.

Assim, esse levantamento inicial torna-se fonte riquíssima de diálogo entre educador e educando, entre o que se tem e o que se necessita alcançar, entre o conhecimento prévio e os novos conhecimentos.

Antes da intervenção, apenas 20% dos conceitos listados foram utilizados por mais da metade do grupo na elaboração de seus mapas iniciais. Esses dados indicam a baixa compreensão do grupo para os conceitos em questão e corroboram os resultados obtidos na análise do questionário inicial acerca dos conhecimentos prévios dos sujeitos da pesquisa.

A Tabela 5.6 apresenta o número de conceitos listados utilizados (CLU) pelo aluno, o total de conceitos (TC) e os conceitos válidos (CV) presente no mapa do estudante, o total de proposições (TP) e as proposições válidas (PV) estabelecidas pelo educando e a classificação do mapa (CM) elaborado pelos sujeitos dessa pesquisa.

Tabela 5.6: Resultado da classificação dos mapas conceituais elaborados pelos alunos

Crítérios	Mapa	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14
CLU	Inicial	7	5	10	6	13	4	3	7	12	5	3	20	4	9
	Final	7	13	-	13	12	13	5	7	10	-	14	20	14	20
TC	Inicial	10	5	11	8	12	5	6	7	12	5	6	21	5	8
	Final	14	18	-	18	12	15	9	9	11	-	17	20	17	24
CV	Inicial	8	5	10	7	12	4	4	6	12	5	3	18	4	8
	Final	7	18	-	15	11	15	9	9	11	-	17	16	17	24
TP	Inicial	9	4	10	7	19	4	5	6	16	4	5	20	6	8
	Final	19	21	-	21	11	14	8	8	12	-	11	19	18	22
PV	Inicial	7	4	2	1	9	0	0	2	8	1	1	11	3	8
	Final	5	20	-	16	3	10	8	4	12	-	11	11	13	22
CM	Inicial	I	R	I	I	I	I	I	I	I	I	I	R	I	R
	Final	R	S	-	B	I	R	R	I	R	-	S	B	B	S

CLU= Conceitos listados utilizados; **TC**= Total de conceitos; **CV** = Conceitos válidos; **TP** = Total de proposições; **PV** = Proposições válidas; **CM** = Classificação do mapa.

Observamos que, dos 12 alunos que participaram das duas etapas da pesquisa, elaborando os mapas conceituais antes e depois, 83% aumentaram o total de conceitos (TC) que utilizaram para elaborar seus mapas e 85% apresentaram aumento no número de conceitos válidos (CV), no total de proposições (TP) e nas proposições válidas (PV). Também constatamos que 83% dos mapas apresentaram-se melhor elaborados após a intervenção, sendo que antes da intervenção nenhum mapa recebeu classificação de bom (B) ou suficiente (S) e após a intervenção 50% dos mapas elaborados foram enquadrados em uma dessas classificações.

A análise comparativa dos mapas conceituais revela que em 75% dos mapas, além do aumento do número de conceitos listados, tivemos a inclusão de outros conceitos válidos. Com isso, a análise dos mapas conceituais elaborados permite afirmar que ocorreu evolução conceitual na maioria dos alunos que fizeram parte do estudo sendo mais um indicador das evidências de que o ensino potencialmente significativo favoreceu a captação de significados.

Exemplificamos a seguir, através da descrição do desempenho de dois sujeitos desta pesquisa e da apresentação de seus mapas, que o desenvolvimento de um deles ficou aquém do esperado e que do outro encontramos evidências de aprendizagem significativa.

O aluno A1 apresentou 43% de faltas ao longo da intervenção e desempenho inferior ao do grupo pesquisado durante a maior parte da intervenção, evidenciado através dos questionários intermediários e da avaliação tradicional. Destacamos que

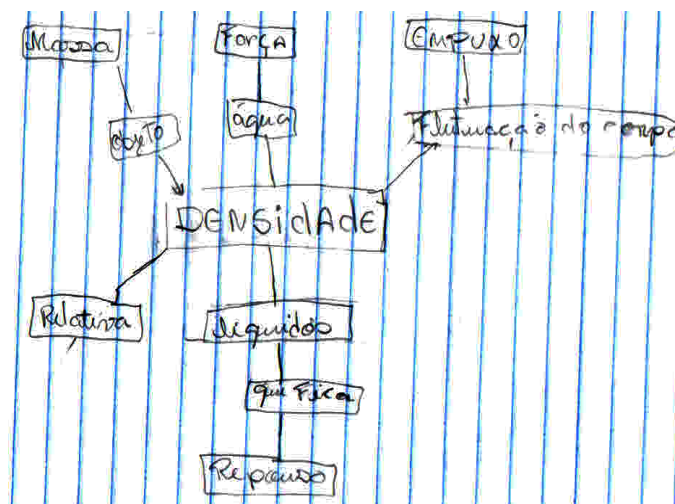
na avaliação tradicional, ele obteve desempenho inferior a 30% de aproveitamento, resultado muito abaixo do esperado. Atribuímos as dificuldades apresentadas por esse aluno em assimilar os conceitos abordados à dois fatores principais: conhecimento prévio deficitário e ruptura na continuidade no estudo dos conceitos causado pelo excesso de faltas.

Ressaltamos que:

“[...]a aprendizagem significativa é progressiva, a construção de um subsunçor é um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados que não é imediato. Ao contrário, é progressivo, com rupturas e continuidades e pode ser bastante longo [...]” (MOREIRA, 2011,p.32-33)

Ratificamos que é ilusão pensar que uma boa explicação e um aluno aplicado são condições suficientes para a aprendizagem significativa, sendo o significado a parte mais estável do sentido e esta depende do domínio progressivo de situações-problema, de situações de aprendizagem (MOREIRA, 2011).

Na Figura 5.13 apresentamos o mapa inicial deste estudante.



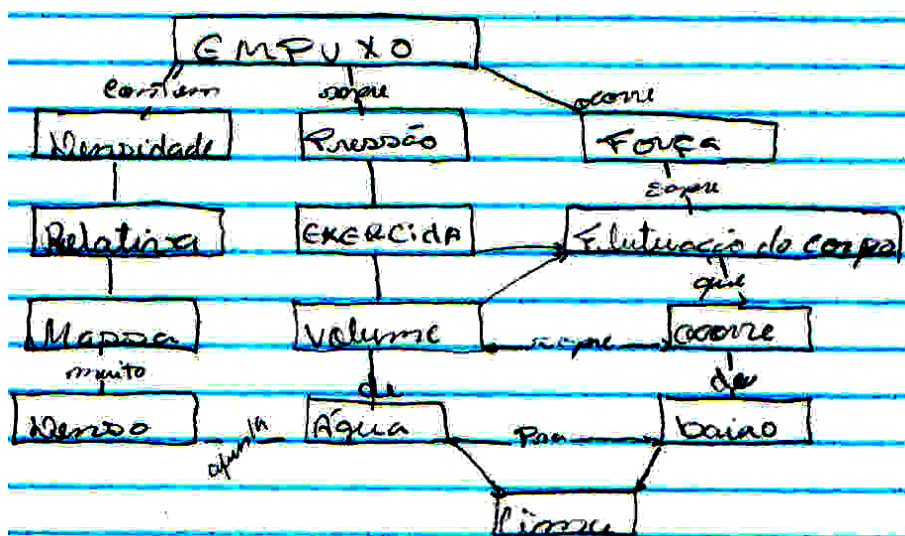
Texto explicativo: *Tepois que a professora, passou um experimento sobre densidade relativa. Eu cheguei em casa e fiz uma pesquisa sobre a densidade relativa aí a massa e objeto, a força da água e quando, o objeto não flutua e porque não tem empuxo, é uma flutuação do corpo. Líquidos que fica em repouso e uma densidade.*

Figura 5.13: Mapa conceitual e texto explicativo elaborado pelo aluno A1 antes da intervenção

Esse aluno participou da 1ª EE e foi o primeiro a apresentar sua PE abordando os conceitos de massa específica e densidade e a flutuação dos corpos. Ficou evidenciado que o aluno buscou estudar sua PE antes da realização da atividade, visto que em seu MC elaborado antes da intervenção estabelece proposições entre os

conceitos presentes em sua PE e no seu texto explicativo evidencia essa atitude. Observamos que buscou interligar todos os conceitos com densidade (conceito hierárquico), entretanto os conceitos não estão bem estruturados. Não estabelece a reconciliação integrativa entre os conceitos presentes no mapa como, por exemplo, empuxo com força.

Na Figura 5.14 apresentamos o mapa elaborado pelo aluno A1 após a intervenção.



Texto explicativo: O meu mapa fala sobre o empuxo porque, como eu não tinha o conhecimento, depois que o exercício sobre empuxo, ele acaba ocorrendo no dia, dia da gente.

Figura 5.14: Mapa conceitual e texto explicativo elaborado pelo aluno A1 após a intervenção

Em seu mapa final, o aluno estabelece como conceito hierárquico o último conceito estudado em sala de aula (empuxo). Como afirma Moreira (2011), mapas conceituais são dinâmicos e não faz sentido querer avaliá-los como se avalia um teste de escolha múltipla ou um problema numérico sendo que as explicações do aluno, oral ou escrita, em relação ao seu mapa, facilitam muito a tarefa do professor nesse sentido. Em seu texto explicativo o aluno deixa claro que busca explicar o conceito de empuxo, por acreditar que esse conceito está presente em seu cotidiano. Contudo, não demonstra grandes avanços relativos aos conceitos estudados, apresentando um mapa insuficiente, com linearidade e sem a presença de proposições que indicariam a assimilação dos conceitos presente no mapa, evidenciando apenas a integração entre empuxo e força.

Na apresentação da PE, observamos a timidez e nervosismo do estudante além das dificuldades em explicar o que estava sendo observado. Percebemos o comprometimento do aluno e que o mesmo havia estudado o material disponibilizado, mas notamos grandes dificuldades com relação a norma culta da língua portuguesa, que influenciaram no desempenho do estudante.

Quando convidado a elaborar uma questão sobre o tema explorado nas AED realizadas, o aluno surpreendeu a todos dizendo que perguntaria como o peixe consegue mudar sua profundidade quando quer submergir ou emergir. Essa questão estava presente na avaliação tradicional, elaborada antes do início da intervenção em sala de aula, mostrando a relevância da questão elaborada pelo aluno.

A resposta apresentada por esse aluno, na avaliação tradicional, para essa questão é transcrita abaixo, onde evidenciamos as dificuldades relatadas anteriormente:

“E por que quando mais água o beixe beber a bexiga natatoria ela fica mais densa, é com isso o peixe fica na profundidade, e quando ele joga a água pra fora ele flutua.”

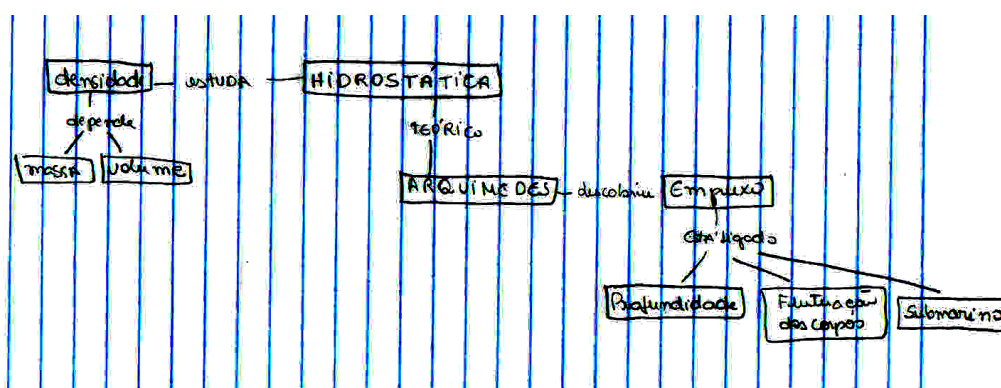
Na prática investigativa, mesmo após promovermos a renegociação de significados dos conceitos diretamente investigados na atividade, ficou evidenciado que o aluno não consegue diferenciar os conceitos de massa, massa específica e densidade. Com relação a atividade sobre empuxo, constatamos que, por estar realizando a atividade com o aluno A13, que apresentou sua PE semelhante a prática investigativa, o aluno foi conduzido pelo colega, concluindo de forma passiva a atividade.

Lembrando que “o aprendiz deve querer relacionar os novos conhecimentos, de forma não arbitrária e não literal, a seus conhecimentos prévios” (Moreira, 2011, p.25) e que “ há casos em que o conhecimento prévio pode ser bloqueador, funcionar como o que Gaston Bachelard chamou de obstáculo epistemológico” (Moreira, 2011, p.23). Para o caso em questão, evidenciamos que o aluno associa como sinônimo massa e massa específica (pela proximidade entre as palavras) e densidade e peso (por suas concepções alternativas) e intuimos o quanto o fator aluno (conhecimento prévio relevante e predisposição para aprender) é determinante para a ocorrência da aprendizagem significativa.

Assim, evidenciamos as dificuldades apresentadas por esse aluno ao longo do processo de intervenção educacional e ressaltamos os mapas conceituais elaborados pelo estudante apresentam coerência com os desempenhos apresentados nos demais instrumento avaliativo.

Já o desempenho do aluno A14 ao longo da intervenção, com exceção da 5ª EE, sempre esteve acima da média da turma. Destacamos o resultado do aluno na avaliação tradicional, na qual respondeu plenamente a todas as questões apresentado apenas um item respondido de modo incompleto. O aluno A14 respondeu as 21 perguntas presentes na avaliação tradicional, sempre apresentando textos longos, buscando mostrar todo seu entendimento dos conceitos abordados. Esse aluno obteve 98% de aproveitamento na avaliação e esteve presente em todos os encontros realizados.

Na Figura 5.15 apresentamos o mapa elaborado pelo aluno A14 antes da intervenção.

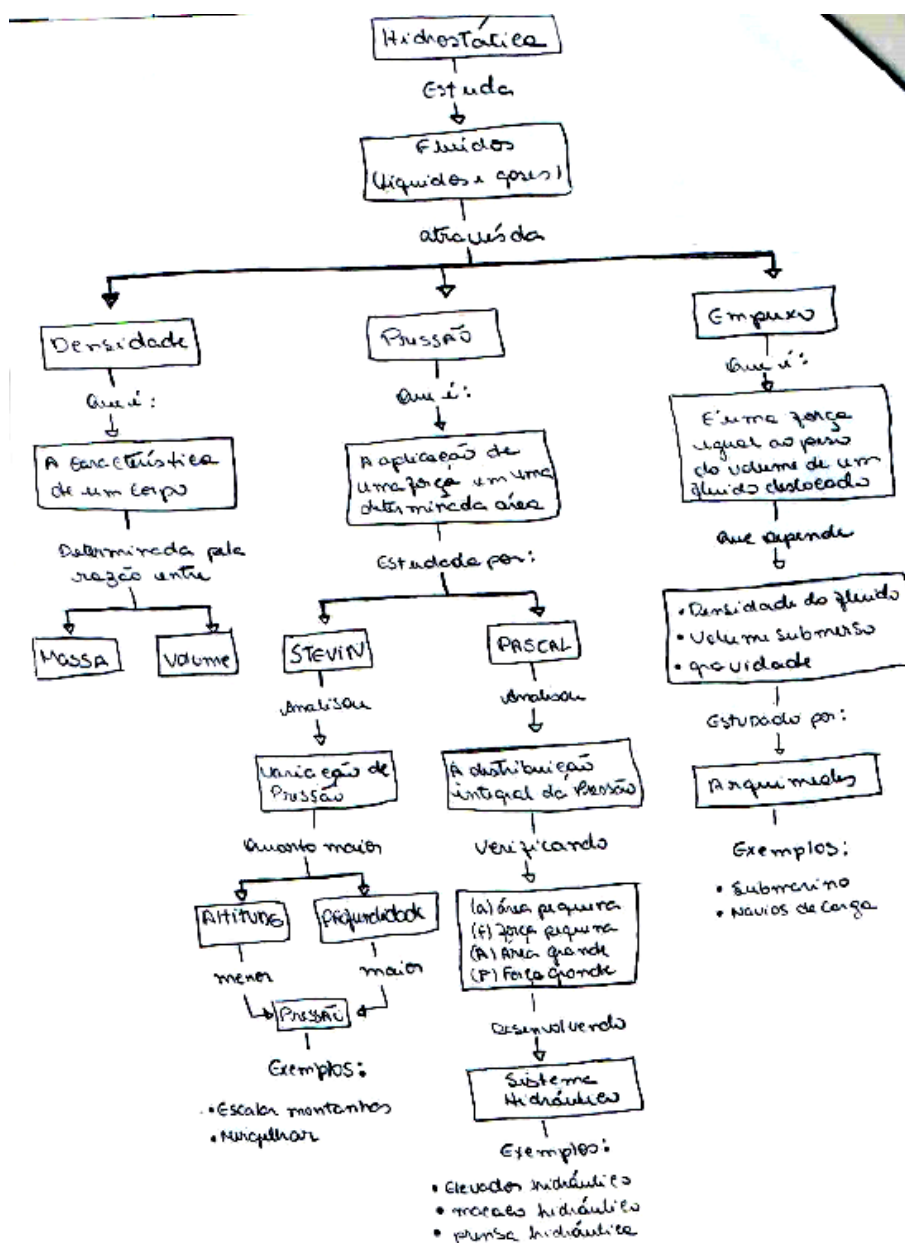


Texto explicativo: Ontem dei uma lida na primeira página do meu experimento, que é sobre empuxo, não tive como terminar de ler, então, a princípio é o que eu entendi de hidrostática

Figura 5.15: Mapa conceitual e texto explicativo elaborado pelo aluno A14 antes da intervenção

Observamos que o mapa inicial revela que o aluno, ao receber sua PE na aula anterior a elaboração do MC, realizou a leitura de parte do material (explicitado no texto explicativo), e assimilou a ideia central do Princípio de Arquimedes e do conceito de densidade.

Na Figura 5.16 apresentamos o mapa elaborado pelo aluno A14 após a intervenção.



Texto explicativo: Para desenvolver o mapa parti do princípio que a hidrostática estuda os fluidos, que podem ser líquidos ou gases e que o estudo da hidrostática depende da densidade, que é a característica de um corpo, e não o seu peso e pode ser calculada pela razão entre a massa e o volume; da pressão, que é a aplicação de uma força em uma determinada área, estudada por Stevin e Pascal, onde Stevin analisou a variação de pressão, na qual verificou que quanto maior a altitude menor a pressão e quanto maior a profundidade maior a pressão, já Pascal analisou a distribuição integral da pressão, verificando que em uma área pequena aplica-se uma força pequena, área grande aplica-se uma força grande, onde uma força aplicada em um determinado ponto, se espalha por todo o fluido, desenvolvendo assim, o sistema hidráulico; e do empuxo, desenvolvido por Arquimedes, onde o empuxo é uma força igual ao peso do volume de um fluido deslocado que depende da densidade do fluido, do volume submerso e da gravidade. Na execução do mapa tomei por base as aulas práticas e os experimentos desenvolvidos em sala de aula, bem como o material impresso o qual eu estudei hoje pela manhã.

OBS: eu desenvolvi o quadro como uma forma de facilitar os meus estudos, desenvolvendo de uma forma mais pessoal. O quadro ajuda a aprender melhor o conteúdo pois te força a organizar as informações recebidas passando para o papel.

Figura 5.16: Mapa conceitual e texto explicativo elaborado pelo aluno A14 após a intervenção

No mapa final, percebemos os avanços promovidos pela intervenção. Destacamos que o aluno não elaborou exatamente o que definiríamos como **mapa conceitual** e percebemos no texto explicativo que o estudante reconhece que atribuiu novos significados para a ferramenta que lhe foi apresentada: “*eu desenvolvi o **quadro** como uma forma de facilitar os meus estudos, **desenvolvendo de uma forma mais pessoal**. O quadro ajuda a aprender melhor o conteúdo pois te força a organizar as informações recebidas passando para o papel*” (grifo nosso). Acreditamos que essa “subversão” é um indício de que a metodologia utilizada na intervenção atende aos ensinamentos de Paulo Freire no que diz de respeito a autonomia dos educando e apontamos que as informações presentes nesse “mapa” aponta para a ocorrência de aprendizagem significativa. De acordo com Moreira (2011, p.126-127),

[...] Não há regras gerais fixas para o traçado de mapas de conceitos. O importante é que o mapa seja um instrumento capaz de evidenciar significados atribuídos a conceitos e relações entre conceitos no contexto de um corpo de conhecimentos, de uma disciplina, de uma matéria de ensino. [...]

Destacamos que das 13 apresentações das PE, o aluno A14 foi o que preparou uma breve explicação em slides, falou de modo tranquilo e pausado, respondeu a todos os questionamentos, refez várias vezes o experimento para facilitar a visualização dos colegas e introduziu novas observações além daquelas que lhe eram colocadas em sua PE. Percebemos o domínio dos conceitos por parte do aluno e a reconciliação integrativa entre os conceitos de densidade e empuxo promovidos pelo estudante durante sua apresentação. Com relação a questão elaborada pelo aluno referente aos conceitos abordados em seus experimentos, o aluno disse que perguntaria: “*Quando um corpo flutua na água, o empuxo exercido sobre o corpo é menor que o peso do corpo?* ”. Essa questão faz referência a dúvida apresentada pelo aluno antes da apresentação de sua PE, uma vez que procurou a professora-pesquisadora para esclarecimento dessa. Na ocasião, o aluno buscava compreender como as forças atuavam (e a mudança de seus valores) nas posições em que o submarino ficava em equilíbrio (submerso e nas diferentes situações em que está parcialmente submerso). Assim, observamos que o aluno questionaria o único ponto que teve dificuldade em compreender.

O aluno destacou que encontrou dificuldades para compreender o conceito de empuxo e destacou que sem o experimento ficaria mais difícil ainda. Relatou a relação entre a resposta para a questão por ele elaborada e as observações

realizadas no experimento. Com relação a participação da família na construção dos experimentos, disse que a filha *“não pode ouvir falar de experimento”* e que quando comprou o material necessário para a elaboração da atividade a criança logo indagou *“você não vai fazer hoje não, né? Você vai me esperar?”*. Destacou que o cônjuge e a filha participam ativamente e que principalmente a criança fica *“encantada”* com os experimentos. Por fim, conclui que as AED contribuem para a compreensão dos conceitos e a visualização dos mesmos na prática, destacando suas conclusões sobre o funcionamento do submarino e o funcionamento dos tanques de lastro dos navios e submarinos.

Com relação a participação do aluno na prática investigativa, percebemos que o aluno utilizou a atividade para renegociar o significados dos conceitos que não estavam diferenciados em sua estrutura cognitiva e conseguiu promover a reconciliação integrativa entre eles. Evidenciamos as diferentes metodologias adotadas para resolver os problemas propostos na tentativa de apropriar-se das diferentes formas de solução para a questão. Percebemos que todas as atividades foram realizadas corretamente e claramente a atividade contribuiu para a consolidação dos conceitos estudados.

5.6 Questionário de opinião

O questionário de opinião, respondido após o término da intervenção em sala de aula, tinha como objetivo realizar o levantamento da opinião dos alunos a respeito da metodologia adotada e dos recursos instrucionais utilizados durante a intervenção, bem como permitir a autoavaliação do aluno em relação aos conceitos abordados no estudo da Hidrostática. Os alunos foram convidados a assinalar a sua resposta numa escala de *Likert* que variava de 1 (Ruim/Pouco) até 5 (Ótimo/Muito) em cada pergunta.

Participaram dessa etapa da pesquisa 10 alunos. O aluno A10 parou de frequentar as aulas ainda durante a intervenção (evadiu) e os alunos A3, A5 e A13 não estavam presentes no dia da aplicação do questionário.

Abaixo, a Tabela 5.7 apresenta os resultados do questionário aplicado aos alunos.

Tabela 5.7: Percentual de respostas de cada pergunta obtidas no levantamento de opinião dos alunos (continua)

	Ruim.....	Ótimo					Branco
	1(%)	2(%)	3(%)	4(%)	5(%)		(%)
Seu nível de entendimento do assunto Hidrostática							
antes da abordagem do conteúdo era	80	20					
após a abordagem do conteúdo foi		10	20	40	30		
A utilização dos seguintes recursos nas aulas de Física foi:							
Slides			10	40	40		10
AED				10	90		
Textos			10	30	60		
Vídeos			10	20	70		
Músicas	20	10	10	10	40		10
Prática investigativa			20		80		
Qual foi seu grau de motivação para a realização da:							
Prática investigativa		10		20	70		
Avaliação tradicional			30	30	20		20
Elaboração dos MC		10	50	10	30		
	Pouco				Muito		Branco
	1(%)	2(%)	3(%)	4(%)	5(%)		(%)
As Atividades Experimentais Demonstrativas utilizadas na abordagem do conteúdo							
despertaram seu interesse para o assunto?		10	10	10	70		
contribuíram para sua compreensão dos conceitos físicos presentes no estudo da Hidrostática?		10	10	20	60		
contribuíram para mantê-lo atento às explicações e às discussões sobre Hidrostática?		10	10	10	70		
permitiram um aumento do diálogo com a professora?			10	20	70		
o estimularam a participar da aula o levando a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado?		10	10	30	50		
o estimularam a fazer os exercícios propostos?		10	20	10	60		

Tabela 5.7: Percentual de respostas de cada pergunta obtidas no levantamento de opinião dos alunos (conclusão)

	Pouco				Muito	Branco (%)
	1(%)	2(%)	3(%)	4(%)	5(%)	
Os exemplos , utilizados pela professora na abordagem do conteúdo						
despertaram seu interesse para o assunto?		10		10	70	10
contribuíram para sua compreensão dos conceitos físicos presentes no estudo da Hidrostática?		10		20	70	
contribuíram para mantê-lo atento às explicações e às discussões sobre Hidrostática?		10	10	10	70	
permitiram um aumento do diálogo com a professora?			10	20	70	
o estimularam a participar da aula o levando a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado?		10	10	20	60	
o estimularam a fazer os exercícios propostos?			10	20	60	10
A prática investigativa						
despertou seu interesse para o assunto?		10		20	70	
contribuiu para sua compreensão dos conceitos físicos presentes no estudo da Hidrostática?		10		20	70	
contribuiu para mantê-lo atento às explicações e às discussões sobre Hidrostática?		10		10	80	
permitiu um aumento do diálogo com a professora?		10		20	70	
o estimulou a participar da aula o levando a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado?			10	20	60	10

Adotamos os seguintes critérios de análise dos dados fornecidos pela tabela:

- ao assinalar 1 ou 2, a avaliação do aluno para o item pesquisado é baixo/ruim;
- ao avaliar determinado item com 4 ou 5, consideramos um apontamento alto/bom;
- ao assinalar 3 na avaliação de determinado item, categorizamos a opinião como sendo intermediária entre baixo/ruim e alto/bom.

Avaliando o nível de conhecimento que os alunos declaravam apresentar, a respeito do conteúdo de Hidrostática, antes da intervenção, observamos que 100% dos

alunos apontaram possuir nível de conhecimento baixo sobre o assunto. Esse resultado está consonante com os fornecidos no questionário inicial e com as informações extraídas dos mapas conceituais elaborados pelos alunos antes da intervenção. Após a intervenção, apenas 10% dos estudantes declaram possuir baixo conhecimento sobre o assunto.

Apresentamos na Figura 5.17 o percentual de faltas apresentado pelos estudantes durante a intervenção. O elevado percentual de faltas apresentado por alguns dos sujeitos dessa pesquisa é reflexo das adversidades oriundas do concílio da atividade escolar com outras desenvolvidas pelo estudante adulto, que inquestionavelmente ressoa na aprendizagem.

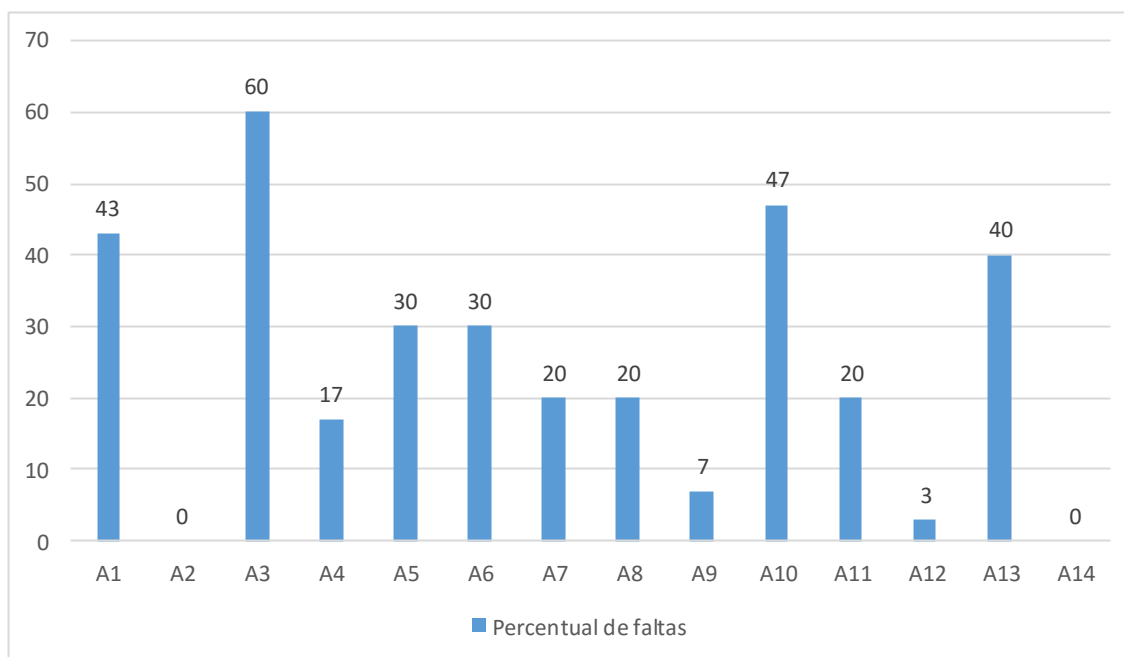


Figura 5.17: Percentual de faltas dos alunos durante a intervenção.

Ressaltamos também que a falta de uma estrutura cognitiva clara, estável e organizada tem tendência a inibir a aprendizagem significativa e a retenção (AUSUBEL, 2003, p. 10) sendo esse um dos fatores que contribuíram para não identificarmos avanços em alguns alunos. Destacamos que o fato da maioria dos alunos da EJA apresentarem

“lamentáveis experiências anteriores, [...] por possuírem um nível geralmente elevado de ansiedade ou por terem fracassado repetidas vezes numa determinada disciplina [...] não possuem confiança suficiente na capacidade de aprenderem de forma significativa [...]” (AUSUBEL, 2003, p.72)

Assim, valorizar a participação do aluno e mostrar que o seu envolvimento no processo será avaliado (pontuado) pode fazer com que o estudante apresente predisposição para aprender significativamente e possivelmente, com o aluno aprendendo a aprender, aumente seu desempenho nos instrumentos tradicionais de avaliação.

A utilização de aulas em *slides* e a realização da prática investigativa realizada no laboratório foram classificadas como boa por 80% dos pesquisados. Todos os alunos apontaram como positivo o uso de Atividades Experimentais Demonstrativas. A utilização de textos e vídeos nas aulas de Física foi destaque na avaliação de 90% dos entrevistados. As AED e a prática investigativa, instrumentos avaliativos utilizados durante a intervenção, tiveram destaque positivo na opinião dos estudantes, revelando a importância da “avaliação da aprendizagem significativa ser predominantemente formativa e recursiva” (MOREIRA, 2011, p.52). Destacamos também a recepção positiva aos textos, mostrando que esse recurso pode ser utilizado em diferentes disciplinas, contribuindo não apenas para a formação específica da disciplina em questão, mas também para leitura e interpretação de textos. Observamos que a introdução de recursos simples, como aulas em *slides* e vídeos, “embelezam” as aulas e auxiliam na aprendizagem do aluno.

Dos recursos instrucionais utilizados durante a intervenção, as músicas foram o recurso de menor aceitação (50% aprovaram e 30% reprovaram). Destacamos a explicação do aluno A14 para a rejeição a esse recurso:

“Não gostei da utilização das músicas, pois a música é algo muito pessoal, se não for o estilo que a pessoa gosta, não se torna atrativo, as vezes até incômodo.”

Diante desses dados, destacamos que

Por isto é que não podemos, a não ser ingenuamente, esperar resultados positivos de um programa, seja educativo num sentido mais técnico ou de ação política, se, desrespeitando a particular visão do mundo que tenha ou esteja tendo o povo, se constitui numa espécie de “invasão cultural”, ainda que seja feita com a melhor das intenções. Mas “invasão cultural” sempre. (FREIRE, 2011, p. 119)

Nesse sentido, reconhecemos que a escolha das músicas não foi realizada de modo dialógico e que essa escolha poderia ser realizada de outra forma. Uma metodologia baseada nos ensinamentos de Paulo Freire, “[...] Supõe a disponibilidade à revisão dos achados, reconhece não apenas a possibilidade de mudar de opção, de apreciação, mas o direito a fazê-lo. [...]” (FREIRE, 2013, p.35).

Com relação à motivação dos alunos, 80% disseram que realizaram a prática investigativa motivados, 50% afirmaram motivação para a avaliação tradicional e apenas 40% externaram possuir motivação para a elaboração dos mapas conceituais. Esses dados reforçam a importância de diversificação dos instrumentos avaliativos, a necessidade de introduzirmos novas formas de avaliar com o intuito de permitirmos ao aluno tornar esse processo um momento de aprendizagem. Destacamos a relevância da prática investigativa para o processo de ensino e aprendizagem evidenciada nesse estudo.

Para 80% dos alunos, as Atividades Experimentais Demonstrativas utilizadas na abordagem do conteúdo de Hidrostática: despertaram o interesse pelo assunto, contribuíram para a compreensão dos conceitos físicos, contribuíram para manter atento às explicações e às discussões e estimularam a participação na aula levando-os a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado. Segundo 90% dos entrevistados as AED permitiram um aumento do diálogo com a professora e para 70% estimulou a fazer os exercícios propostos.

Os exemplos, utilizados pela professora na abordagem do conteúdo: despertaram o interesse para o assunto, contribuíram para a compreensão dos conceitos físicos, contribuíram para manter o aluno atento às explicações e às discussões, estimularam a participação na aula levando-os a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado e estimularam a fazer os exercícios propostos na opinião de 80% dos entrevistados. Esse recurso teve apontamento positivo no aumento do diálogo com a professora para 90% dos alunos.

Para 90% dos alunos, a prática investigativa realizada no laboratório: despertou o interesse para o assunto, contribuiu para a compreensão dos conceitos físicos e para manter o aluno atento às explicações e às discussões. Todos os alunos avaliaram que tal prática permitiu um aumento do diálogo com a professora e 80% disseram que essa atividade estimulou a participar na aula levando-os a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado.

Dessa forma, concluímos que, com exceção das músicas, todos os recursos instrucionais utilizados durante a intervenção tiveram a aprovação dos alunos. Destacamos que, ao estimular os alunos a participar da aula, ao proporcionar o aumento do diálogo com a professora-pesquisadora e ao transpor o estudo da Física além da escola (relação família-aluno) atingimos o objetivo proposto pela utilização

desses materiais na proposta de ensino investigada, visto que FREIRE estabelece que,

Não é no silêncio que os homens se fazem, mas na palavra, no trabalho, na ação-reflexão. [...] O diálogo é esse encontro dos homens, mediados pelo mundo, para pronunciá-lo, não se esgotando, portanto, na relação eu-tu. (FREIRE, 2011, p.108-109)

Na análise das respostas dadas pelos alunos às perguntas que solicitavam a avaliação dos pontos positivos e negativos relativos à metodologia aplicada nas aulas de Física sobre Hidrostática, após a leitura de todas as respostas apresentadas pelos pesquisados, estabelecemos categorias identificando as características e informações relevantes contidas em cada resposta. Após essa categorização, as respostas analisadas foram enquadradas e estão apresentadas nos Quadros 5.5.e 5.6.

APONTAMENTOS POSITIVOS	
As aulas ficaram mais interessantes: A1, A4, A7, A8 e A9	
A utilização de	slides: A2, A6 e A14
	vídeos: A4 e A9
	experimentos: A2, A4, A6, A7, A9, A11 e A14
	leitura em sala de aula: A2, A9 e A14
	uma prática investigativa: A2, A11 e A14
	exemplos do dia-a-dia: A4
	mapa conceitual: A14
Postura da professora com relação ao ensino de Física na EJA: A2, A6, A8, A12 e A14	
Aumento do diálogo entre professor e aluno: A2, A4 e A14	
Aumento da interação entre os alunos: A4	
As AED serem preparadas em casa e possibilitar o envolvimento da família: A2, A9 e A14	

Quadro 5.5: Apontamentos positivos presentes nas respostas dos alunos

APONTAMENTOS NEGATIVOS
Excesso de faltas (pessoal): A1 e A5
As músicas utilizadas: A2 e A14
Prova difícil: A2
Prova extremamente teórica: A14

Quadro 5.6: Apontamentos negativos presentes nas respostas dos alunos

A título de exemplo, destacamos abaixo a resposta de dois alunos para a pergunta 29.

Aluno A14: *“Em relação as aulas em slides, foi muito bom, pois nos permitiu acompanhar, com imagens e exemplos o conteúdo, facilitando a compreensão. A utilização dos textos foi maravilhosa, pois permite aumentar nosso conteúdo referente ao assunto permitindo discutir sobre o mesmo. A prática investigativa, bem como os experimentos em sala de aula foram excelentes, pois nos permitiram por em prática o que é estudado na teoria, auxiliando na aprendizagem tanto nossa, como alunos, quanto dos familiares envolvidos. O quadro conceitual, a primeira vez que eu fiz, não gostei muito, mas quando eu procurei entender melhor e estudá-lo, aprendi a amá-lo, pois o quadro é a melhor forma de estudar para a prova, ao construí-lo, ele nos obriga a colocar, organizando, no papel tudo o que aprendemos. Referente a professora Aline, eu quero agradecer pela forma como se posiciona quanto professora, suas aulas são excelentes, o seu envolvimento com os alunos é maravilhoso, principalmente este semestre coma inclusão da pratica investigativa e os textos. Além disso você é uma professora que podemos contar, sempre que precisamos de ajuda em alguma questão, ou nos trabalhos, mesmo fora da aula você está a disposição, nos ajudando.”*

Aluno A11: *“As praticas investigativas realizadas no laboratório, me ajudaram muito, foi mas esclarecedora. Também posso afirmar como ponto positivo o uso ou prática dos experimentos em sala de aula. Todos os trabalhos deveriam ser utilizado o metodo do experimento.”*

Destacamos que os alunos não tinham a “obrigação” de responder a essas questões, e que os mesmos responderam a muitos questionários no decorrer da intervenção em sala de aula. Assim, apontamos a rica fonte de dados das perguntas

29 e 30 e destacamos as respostas do aluno A7 na pergunta 29 e do aluno A11 na pergunta 30:

Aluno A7: *“Espero trabalhar mais assim”.*

Aluno A11: *“Não os vejo nesse período. Métodos muito esclarecedores forem utilizados para a abordagem do assunto.”*

Destacamos uma mensagem enviada por *WhatsApp* à professora-pesquisadora pelo aluno A3 durante a preparação de seus experimentos em casa, alguns dias antes da apresentação. Com entusiasmos relatou: *“Adorei esse trabalho... E as crianças ficaram encantadas. Rs”*. Com a abordagem experimental proposta, permitimos aos educandos compartilhar com pessoas externas ao ambiente escolar os conhecimentos que estavam adquirindo, sendo que 92% dos alunos relataram essa participação e apresentaram apontamento positivo para essa interação.

Ressaltamos também que 54% dos alunos procuraram a professora-pesquisadora no contraturno para esclarecer dúvidas relativas às suas PE, fazendo com que as AED produzissem maior contato e interação entre professor e aluno.

Diante do exposto, apontamos a avaliação positiva para a proposta de ensino utilizada.

CAPÍTULO 6

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo deste estudo foi investigar as contribuições de uma proposta de ensino marcada pela utilização de Atividades Experimentais Demonstrativas. Nesse capítulo é feita uma síntese do estudo realizado e, embasados nos resultados obtidos, respondemos aos objetivos propostos para este trabalho. Em seguida, são apresentados os apontamentos finais dessa investigação.

Iniciamos este trabalho assinalando algumas aflições da professora-pesquisadora com relação ao ensino de Física da EJA, as especificidades legais determinadas para essa modalidade de ensino e a necessidade de pesquisas nessa área. Apontamos a contribuição desse estudo neste contexto.

Aprendemos com Paulo Freire (2011, 2013) a inconclusão do ser humano, a exigência de amorosidade e respeito aos educandos, a necessidade de uma prática educativa que vincule os conhecimentos científicos e o saber da prática social por meio de uma abordagem dialógica e participativa na busca de transformação do mundo em uma sociedade mais igualitária. Com Ausubel (2003) e seus colaboradores entendemos a necessidade do resgate do conhecimento prévio do educando e a existência de princípios facilitadores da aprendizagem significativa.

Estruturamos e aplicamos uma proposta de ensino potencialmente significativa utilizando situações-problema relacionadas com o contexto de vida dos educandos que possibilitou o compartilhamento dos seus conhecimentos e a aquisição de novos, minimizando marcas negativas de escolarizações anteriores, apresentadas por muitos destes alunos. Buscamos uma educação que extrapolava a transmissão

de conteúdo, tendo como objetivo a formação de um sujeito capaz de compreender e atuar criticamente na sociedade. Através das Atividades Experimentais Demonstrativas reconhecemos a autonomia e capacidade dos sujeitos envolvidos nessa pesquisa e percebemos a apropriação dos conhecimentos de forma ativa.

O questionário inicial permitiu identificar a diversidade etária e os diferentes anseios desses estudantes. Inferimos também que alguns conceitos estudados nos semestres anteriores não estavam consolidados na estrutura cognitiva dos estudantes e diagnosticamos as dificuldades relativas à leitura, interpretação de textos e escrita. Após análise desse instrumento de coleta de dados, promovemos adaptações no material que seria utilizado durante a intervenção buscando maior sintonia com os anseios desses estudantes.

Retomemos agora os objetivos específicos descritos na seção 1.6.2 deste trabalho.

Como primeiro objetivo propomos ampliar as discussões das abordagens da Física e das formas avaliativas na EJA. Defendemos que o ensino de Física na EJA deve superar a mera transmissão dos conteúdos, sendo de responsabilidade do professor conduzir o ensino de forma crítica e colaborar para a formação integral do estudante. Acreditamos que o incentivo à leitura, a interpretação de textos e a escrita através de materiais que abordem os conceitos da disciplina específica em questão, pode aguçar a curiosidade do aluno para o estudo do conteúdo, contribuir para a externalização dos conhecimentos e auxiliar no desenvolvimento de habilidades para além do conteúdo estudado.

Quanto às formas avaliativas, destacamos o relato do aluno A14 que, mesmo apresentando excelente desempenho nesse instrumento avaliativo, afirmou que *“a prova é uma tortura e não avalia o processo como um todo e sim o que escreveu na prova independente de tudo o que o aluno fez no período (...) e que quando se tira nota baixa, não se tem a oportunidade de rever o conteúdo”*. Esse depoimento registrado em áudio durante a prática investigativa, revela que as avaliações poderiam ser melhor conduzidas a fim de oportunizar ao aluno aprender com os seus erros.

Durante a intervenção utilizamos diversos instrumentos avaliativos com o objetivo de oportunizar aos alunos expor e ampliar seus conhecimentos. Identificamos que as questões discutidas nos questionários intermediários incitaram a curiosidade do

aluno e apontamos o momento ímpar de ampliação dos conhecimentos por meio das discussões das respostas dadas pelos alunos a essas questões. Concluímos que essa abordagem deve ser aplicada em aulas regulares, sendo que após a explicação do conteúdo, o professor deve avaliar o compartilhamento de significados, diagnosticando o entendimento do aluno acerca dos conceitos estudados e permitindo ao mesmo refletir sobre sua aprendizagem. Enfatizamos que a resposta apresentada por escrito permite que todos os estudantes expressem os significados atribuídos e também contribui para avanços na escrita do aluno. Destacamos que as questões discursivas apresentaram maior eficiência no apontamento do conhecimento do estudante quando comparado com as questões objetivas. Isso nada mais é do que o princípio da consolidação da aprendizagem que segundo Moreira (2011), consiste em insistir no domínio do conhecimento prévio antes da apresentação de novos conhecimentos.

Evidenciamos as dificuldades dos sujeitos dessa pesquisa com relação à escrita, que inquestionavelmente ressoam na avaliação tradicional. Contudo, apontamos que a avaliação tradicional indicou uma boa apropriação dos conceitos estudados.

Defendemos as AED como o principal recurso educacional para atingir os objetivos da proposta de ensino, através de uma abordagem fortemente ligada ao diálogo e com participação ativa dos estudantes no processo de ensino. Essas atividades possibilitam ao educando externar seu conhecimento e negociar significados com o professor. Acreditamos que essas atividades se revelaram eficientes como uma proposta de avaliação processual e na produção do conhecimento.

Os mapas conceituais auxiliaram na identificação dos conhecimentos dos alunos e, apesar de não ser algo tão familiar aos estudantes, foi bem aceito por esses. Essa atividade permitiu acessar o conhecimento prévio dos alunos e essa informação se tornou fonte riquíssima de diálogo entre educador e educandos, atuando como ponte entre o conhecimento que o aluno possuía e o que se necessitava alcançar. A análise comparativa dos mapas conceituais, inicial e final, revelou a captação de significados para a maioria dos alunos que fizeram parte do estudo.

Com a prática investigativa vivenciamos o processo de negociação de significados, construído por meio do diálogo entre professor-alunos. Além disso, concluímos que houve a aprendizagem do professor, em relação à condução do processo de ensino e da utilização das atividades investigativas, com a realização dessa atividade.

Destacamos ainda, boa recepção e avaliação dos alunos para essa atividade. Enfatizamos também a oportunidade de avaliação do processo de ensino e de renegociação de significado proporcionado por essa atividade.

Como segundo objetivo, buscamos investigar a dialogicidade entre professor-aluno por meio da proposta aplicada. Ressaltamos a ocorrência desse diálogo para além dos conteúdos específicos da matéria de ensino em questão. Realizamos, além dos debates em sala de aula, inúmeras conversas informais com os alunos nas quais relatavam os problemas familiares envolvendo filhos e cônjuges, as expectativas com relação ao estudo, o histórico que os conduziu até a EJA, o retorno a escola e administração da família, os conflitos internos vivenciados pela turma, etc. Evidenciamos que os problemas e as preocupações destes adultos interferem em sua aprendizagem. Em nosso planejamento inicial não vislumbrávamos que o envolvimento do grupo com a professora-pesquisadora tomaria esta dimensão.

Os conflitos visualizados em diversos momentos durante a intervenção, externados através de atitudes preconceituosas apresentadas por alguns alunos, que ressoaram no processo de ensino e aprendizagem não foram simplesmente ignorados. Assumindo a postura de educadores comprometidos com a dimensão social da formação humana, incorporamos “a impossibilidade de desunir o ensino dos conteúdos a formação ética dos seres humanos” (FREIRE, 2013, p.93). Segundo Freire (2013, p. 37), “faz parte igualmente do pensar certo a rejeição mais decidida a qualquer forma de discriminação”.

Identificando as contribuições das Atividades Experimentais Demonstrativas na proposta utilizada, terceiro objetivo específico proposto para esse estudo, constatamos a extrapolação do conceito de “tarefa de casa” e a transposição do ensino de Física para além da sala de aula. Observamos, nos relatos dos estudantes, a promoção da divulgação científica e estímulo ao estudo para parentes e amigos.

Apontamos que a apresentação das AED permitiu avaliar a compreensão dos estudantes sobre os conceitos envolvidos nessas atividades.

Os resultados obtidos pela análise dos questionários intermediários permitiram evidenciar que antes de visualizarem os experimentos, a maioria dos estudantes declaram baixo conhecimento sobre os conceitos que seriam explorados na etapa

experimental, mesmo tendo participado da etapa conceitual, mostrando que os alunos se apresentam inseguros frente a um novo conhecimento. Já após as atividades, a maior parte dos estudantes declaram boa compreensão dos conceitos e aumentam o grau de segurança com o qual respondem as questões, corroborando que as AED permitem ao aluno reconhecer a ocorrência de uma melhor compreensão dos conceitos abordados.

Destacamos a aprovação dos alunos com relação à utilização das AED, bem como a ampliação de conhecimento proporcionada por elas. Apontamos o contentamento dos alunos ao relacionarem os experimentos a questões de seus cotidianos e a conteúdos discutidos em disciplinas técnicas.

Avaliando a proposta de ensino e o material instrucional utilizado durante a intervenção, quarto objetivo estabelecido para essa pesquisa, ratificamos com o questionário de opinião as observações realizadas pela professora-pesquisadora durante a intervenção, apontando que as abordagens utilizadas atendem as especificidades da EJA.

Assinalamos que todos os recursos, com exceção das músicas, tiveram excelente recepção por parte dos alunos. Ressaltamos que as músicas não foram tão bem avaliadas quanto aos demais recursos. Possivelmente, se durante a intervenção tivéssemos solicitado aos alunos que pesquisassem e trouxessem músicas que abordavam o conceito de pressão e realizássemos a discussão, teríamos uma grande variedade de gêneros musicais, permitindo uma melhor aceitação e avaliação desse recurso.

Com relação à prática investigativa, destacamos que apesar dos sujeitos dessa pesquisa já terem o contato com aulas de Física há dois anos, nunca haviam realizado esse tipo de atividade. Essa falta de experiência dos alunos fez com que eles utilizassem mais tempo que o inicialmente estipulado pela professora-pesquisadora. Acreditamos que uma possível solução para esse problema, seria apresentar os questionamentos aos alunos e permitir, antes de ida ao laboratório, a discussão dos procedimentos. Reforçamos que o tempo de aprendizagem desses alunos é diferente do tempo dos alunos do ensino médio regular e sempre deve ser respeitado.

Relatamos que a realização da prática investigativa foi uma tarefa extremamente cansativa para a professora-pesquisadora, pois exigiu preparação prévia do laboratório e dos materiais utilizadas e intensa mediação durante a realização da atividade. Porém, observamos o grande envolvimento dos alunos durante a realização da tarefa e que o uso dessa estratégia contribui muito para o processo de consolidação dos conceitos por parte dos alunos. Do exposto, assinalamos a necessidade de incluir a prática investigativa como parte da metodologia de ensino na EJA.

Em diversas situações encontramos, para a maioria dos sujeitos dessa intervenção educacional, evidências de ocorrência da aprendizagem significativa e apontamos a proposta de ensino empregada como fator determinante desse acontecimento. Concordamos com Novak e Gowin (1996) de que a responsabilidade pela aprendizagem é do aluno e que o professor é responsável pelo processo de ensino. Destacamos que a aprendizagem é pessoal e idiossincrásica e o conhecimento público e compartilhado. As estratégias apresentadas neste trabalho, apesar de auxiliarem os alunos, não são autossuficientes. É “o aluno deve optar por aprender; a aprendizagem é uma responsabilidade que não pode ser compartilhada” (NOVAK; GOWIN, 1996, p. 22).

Ressaltamos que utilizamos 30 aulas (15 encontros) para a intervenção educacional realizada, mas não sugerimos que a abordagem do conteúdo de Hidrostática seja realizada nesse longo período. Lembramos que, buscando estudar o compartilhamento de significados e a interação dos alunos com o experimento, nossa abordagem foi extensa e com a aplicação de diversos instrumentos de avaliação e coleta de dados. O material produzido é totalmente viável para a abordagem da Hidrostática na EJA podendo ser livremente (e facilmente) adaptado pelo professor ao número de aulas que possui para a aplicação desse conteúdo.

Finalizando, percebemos que a metodologia empregada valoriza o aluno, estimula sua ativa participação durante a aula e contribuiu para o aumento de seus conhecimentos. Entendendo, como afirma Freire (2013), que formar é muito mais que treinar o educando no desempenho de destrezas, proporcionamos maior proximidade e diálogo entre professor e aluno e o desenvolvimento de habilidades que transpõem a repetição mecânica.

Destacamos o elevado número de faltas dos alunos durante essa intervenção. Reflexo da conciliação da vida profissional e familiar do aluno com a escolar, essa situação comum na EJA revela a complexidade envolvida no processo de ensino que necessita superar a descontinuidade no desenvolvimento dos conceitos.

Apontamos a necessidade de uma abordagem flexível que respeite o tempo de aprendizagem do aluno e que permita o replanejamento das atividades diante das necessidades apresentadas durante o processo de ensino. Defendemos a seleção de conteúdos que atendam as expectativas escolares dos sujeitos da EJA e que contribuam para uma formação emancipatória.

Por fim, avaliamos que este trabalho, distante ainda de ser a solução final, apresenta uma proposta que atende as especificidades e as necessidades formativas dos sujeitos da EJA, encorajando assim novas implementações dessa metodologia.

CAPÍTULO 7

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, M. L. F. de.; MASSABNI, V. G. O desenvolvimento de atividades práticas na escola: um desafio para os professores de ciências. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 835-854, 2011.
- ARAÚJO, M. S. T. de.; ABIB, M. L. V. dos S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 176 - 194, 2003.
- ARRIGONE, G. M.; MUTTI, C. do N. Uso das experiências de cátedra no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1: p. 60-90, abr. 2011.
- ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. **Física 1**. 1ª Edição. Curitiba: Editora Positivo, 2013.
- AUSUBEL, D. P. **Aquisição e Retenção de Conhecimento: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução ao português de Lúcia Teopisto, do original *The acquisition and retention of knowledge: A cognitive view*, 2003.
- AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por Investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática**. Editora Thomson, 2004, Cap. 2.
- BAROLLI, E.; FRANZONI, M. Efeitos de intervenções docentes na condução de uma atividade experimental em um laboratório didático de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1, p. 35-54, abr. 2008.
- BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. **Física Aula por Aula**. Mecânica: 1º ano. 2ª edição. São Paulo: FTD, 2013.
- BONADIMAN, H.; NONENMACHER, S. E. B. O gostar e o aprender no ensino de física: uma proposta metodológica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, p. 194-223, ago. 2007.
- BONJORNO, J. R. *et al.* **Física: mecânica**, 1º ano. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.
- BORGES, T. A. Novos rumos para o laboratório escolar de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 19, n. 3, p. 291-313, dez. 2002.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil** (1988). Emenda constitucional n.º 59, de 11 de novembro de 2009. Brasília, DF: Senado Federal: Coordenação de Edições Técnicas, 2015.

BRASIL. Conselho Nacional de Educação. **Parecer 11/2000**. Estabelece as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação de Jovens e Adultos. Brasília: MEC, 2000.

BRASIL. **Lei Nº 11.741**, de 16 de julho de 2008. Altera dispositivos da Lei no 9.394, de 20 de dezembro de 1996, que estabelece as diretrizes e bases da educação nacional, para redimensionar, institucionalizar e integrar as ações da educação profissional técnica de nível médio, da educação de jovens e adultos e da educação profissional e tecnológica. 2008.

BRASIL. **Lei nº 9.394**, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. 1996.

BRASIL. MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA. **Documento Base**. Programa Nacional de integração da Educação Profissional com a Educação Básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos. Brasília: MEC, 2007.

BRUCE, C. **As aventuras científicas de Sherlock Holmes: o paradoxo de Einstein e outros mistérios**. (Tradução de Maria Luiza X. De A. Borges; Revisão técnica de Alexandre Cherman). Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed., 2002.

CAMPOS, B. S. *et al.* Física para crianças: abordando conceitos físicos a partir de situações-problema. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n.1, 2012.

CARDOSO, D. C.; TAKAHASHI, E. K. Experimentação remota em atividades de ensino formal: um estudo a partir de periódicos Qualis A. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 3, p. 185-208, 2011.

CARVALHO, A.M.P. O Ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativas. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de ciências por investigação - Condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2014. cap.1.

CHAGAS, S. M. A. das; MARTINS, I. O laboratório didático nos discursos de professores de física: heterogeneidade e intertextualidade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 3: p. 625-649, dez. 2009.

COELHO, S. M.; NUNES, A. D.; WIEHE, L. C. N. Formação continuada de professores numa visão construtivista: contextos didáticos, estratégias e formas de aprendizagem no ensino experimental de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 1: p. 7-34, abr. 2008.

COSTA, L. S. O.; ECHEVERRÍA, A. R. Contribuições da teoria sócio-histórica para a pesquisa sobre a escolarização de jovens e adultos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 19, n. 2, p. 339-357, 2013.

- DAMASIO, F.; STEFFANI, M. H. **Material de apoio didático para o primeiro contato formal com Física: fluidos**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa da Pós-Graduação em Ensino de Física, Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 18 n. 5, 2007.
- DAMASIO, F.; STEFFANI, M. H. A física nas séries iniciais (2ª a 5ª) do ensino fundamental: desenvolvimento e aplicação de um programa visando a qualificação de professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 4, 2008.
- DARROZ, L. M.; PÉREZ, C. A. S. Princípio de Arquimedes: uma abordagem experimental. **Física na Escola**, v. 12, n. 2, p. 28-31, 2011.
- DIAS, Â. M. M.; NOVIKOFF, C.; SOUZA, L. E. S. Laboratórios de aprendizagem de física: resultados de uma experiência pedagógica sustentável. **Física na Escola**, v. 12, n. 2, p.12-14, 2011.
- DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N. **Física 1**. 2ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2013.
- ERTHAL, J. P. C. **Estabelecimento de relações entre a formação inicial de professores de física e o ensino dessa disciplina para jovens e adultos: uma investigação pautada em atividades experimentais**. (Tese de Doutorado em Ciências Naturais). Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Ciências Físicas. Campos dos Goytacazes, 2011.
- ERTHAL, J. P. C.; LINHARES, M. P. Proposta de ensino de tópicos sobre radiações eletromagnéticas para o ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 2, p. 247-265, ago. 2008.
- ERTHAL, J. P. C.; LINHARES, M. P. Discutindo a queda dos corpos com estudantes do Proeja a partir de atividades experimentais. **Revista de Ensino de Ciências e Matemática**, v. 4, n. 1, p. 1-19, 2013.
- ESPÍNDOLA, K. **A pedagogia de projetos como estratégia de ensino para alunos da educação de jovens e adultos: em busca de uma aprendizagem significativa em física**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2005.
- FEIRA de Ciências. Disponível em: <<http://www.feiradeciencias.com.br>>. Acesso em 30 jun. 2015.
- FEITOSA, R. A.; LEITE, R. C. M.; FREITAS, A. L. P. “Projeto aprendiz”: interação universidade-escola para realização de atividades experimentais no ensino médio. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 2, p. 301-320, 2011.
- FERRACIOLI, L. Mapas conceituais como instrumento de eliciação do conhecimento. **Revista Didática Sistemica**, Rio Grande do Sul, v. 5, p. 65-77, 2007.
- FIGUEIREDO E PAULA, H. de; BORGES, A. T. Avaliação e teste de explicações na educação em ciências. **Ciência & Educação**, v. 13, n. 2, p. 175-192, 2007.

FREIRE, P. **Ação cultural para a liberdade e outros escritos**. 13ª ed. São Paulo: Paz e Terra, 2010.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: Saberes necessários à prática educativa. 47ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. 50ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2011.

FREITAS, E. T. F.; AGUIAR JÚNIOR, O. G. A ação docente como sustentação da produção discursiva dos estudantes na sala de aula de física de educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 1, p. 9-36, 2012.

FRIEDRICH, M.; BENITE, C. R. M.; BENITE, A. M. C. Uma abordagem sobre o ensino de ciências e matemática no programa nacional de inclusão de jovens: do discurso a prática. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 10, n. 3, p. 101-124, 2010.

FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio 1**. 3ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2013.

GALIAZZI, M. do C. *et al.* Objetivos das atividades experimentais no ensino médio: a pesquisa coletiva como modo de formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 249-263, 2001.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 2ª Edição. São Paulo: Ática, 2013.

GASPAR, A.; MONTEIRO, I. C. de C. Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial de Vygotsky. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 10, n. 2, p. 227-254, 2005.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: Interação e Tecnologia**, Volume 1. 1ª edição. São Paulo: Leya, 2013.

HADDAD, S.; DI PIERRO, M. C. Escolarização de Jovens e Adultos. **Revista Brasileira de Educação**. n. 14, p.108-130, mai./ago. 2000.

JÚLIO, J. M.; VAZ, A. de M. Grupos de alunos como grupos de trabalho: um estudo sobre atividades de investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2007.

JÚLIO, J.; VAZ, A.; FAGUNDES, A. Atenção: alunos engajados análise de um grupo de aprendizagem em atividade de investigação **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 1, p. 63-81, 2011.

KRUMMENAUER, W. L.; COSTA, S. S. C da.; SILVEIRA, F. L da. Uma experiência de ensino de física contextualizada para a educação de jovens e adultos. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 12, n. 2, p.69-82, 2010.

- KUTTER, A. P. Z.; EICHLER, M. L. A Educação em Biologia na Educação de Jovens e Adultos (EJA): Etnografia de uma experiência biocêntrica na escola. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 11, n. 2, p. 87 -115, 2011.
- LABURÚ, C. E.; SILVA, O. H. M da. O laboratório didático a partir da perspectiva da multimodalidade representacional. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 3, p. 721-734, 2011.
- LOCATELLI, R. J.; CARVALHO, A. M. P. de. Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, 2007.
- LONGHINI, M. D.; NARDI, R. Como age a pressão atmosférica? Algumas situações-problema tendo como base a história da ciência e pesquisas na área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1: p.7-23, abr. 2009.
- LONGHINI, M. D.; NUNES, M. B. T.; GRILLO, G. A. Flutuação dos corpos: elementos para a discussão sobre sua aprendizagem em alunos dos anos iniciais do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 33, n. 3, 2011.
- LOPES, G. **Leituras em aulas de física na educação de jovens e adultos no ensino médio**. (Tese de doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação Campinas, São Paulo, 2009.
- MARTINI, G. *et al.* **Conexões com a Física**. 2ª Edição. São Paulo: Moderna, 2013.
- MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física Contexto e Aplicações 1**. 1ª Edição. São Paulo: Scipione, 2013.
- MEDEIROS, M. das N. **A Educação de Jovens e Adultos como expressão da educação popular: a contribuição do pensamento de Paulo Freire**. Trabalho apresentado no V Colóquio Internacional Paulo Freire, Recife, 2005. Disponível em: <http://nead.uesc.br/arquivos/Biologia/modulo_8-bloco_3/educacao_jovens_e_adultos/material_apoio/artigo-a_educacao_de_jovens_e_adultos_como_expressao_da_educacao_Popular.pdf>. Acesso em: 15 out. 2014.
- MENDONÇA, C. A. S. **O uso do mapa conceitual progressivo como recurso facilitador da aprendizagem significativa em Ciências Naturais e Biologia**. (Tese de Doutorado). Universidade de Burgos. Departamento de Didáticas Específicas. Burgos, 2012.
- MENEZES, L. C de *et al.* **Coleção Quanta Física**. 1ª série. 1. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.
- MONTINO, M.; PETRUCCI, D. Una propuesta de trabajosprácticos de laboratorio que favorece elaprendizaje de conceptos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 4, p. 823-833, 2011.

MOREIRA, A. F. G; FERREIRA, L. A. Abordagem temática e contextos de vida em uma prática educativa em ciências e biologia na EJA. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 17, n. 3, p. 603-624, 2011.

MOREIRA, M.A. **Aprendizagem Significativa**: a teoria e textos complementares. 1ª edição. São Paulo: Livraria da Física, 2011.

MUENCHEN, C.; AULER, D. Abordagem temática: desafios na educação de jovens e adultos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 3, 2007a.

MUENCHEN, C.; AULER, D. Configurações curriculares mediante o enfoque CTS: desafios a serem enfrentados na Educação de Jovens e Adultos. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 13, n. 3, p. 421-434, 2007b.

NOVAK, J. D.; CAÑAS, A. J. A teoria subjacente aos mapas conceituais e como elaborá-los e usá-los. **Práxis Educativa**, Ponta Grossa, v. 5, n. 1, jan./jun. 2010. Disponível em:

<<http://cmap.ihmc.us/Publications/ResearchPapers/TeoriaSubjacenteAosMapasConceituais>> Acesso em: 15 jan. 2014.

NOVAK, J. D.; GOWIN, D. B. **Aprender a aprender**. 1ª. ed. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 1996. Tradução ao português de Carla Valadares. Obra **original Learning how to learn** (1984).

NOVAK, J.D. **Aprender a criar e utilizar o conhecimento: Mapas conceituais como ferramenta de facilitação das escolas e empresas** (Tradução: A. Rabaça & J. Valadares). Lisboa: Paralelo Editora, 2000. (Obra original publicada em 1998).

OLIVEIRA, A. A. Q. de; CASSAB, M.; SELLES, S. E. Pesquisas brasileiras sobre a experimentação no ensino de Ciências e Biologia: diálogos com referenciais do conhecimento escolar. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p. 183-209, 2012.

OLIVEIRA, E. C de.; SCOPEL, E. G.; FERREIRA, M. J de. R. A experiência do Proeja: a visão dos múltiplos sujeitos envolvidos no programa do Ifes – Campus Vitória. **Revista Brasileira de Educação de Jovens e Adultos**, v. 1, n. 2, 2013.

OLIVEIRA, E. C. In: FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia: Saberes necessários à prática educativa**. (Prefácio). 47ª ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2013.

OLIVEIRA, I. A. Princípios pedagógicos na educação de jovens e adultos. **Revista de Alfabetização solidária**, São Paulo: Unimarço, v. 4, n. 4. p.59-74, 2004.

OLIVEIRA, L. D.; MORS, P. M. E quando a água não subiu mais que dez metros? O barômetro de Gasparo Berti nas aulas de física. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, p.4-5, 2010.

PENA, F. L. A.; RIBEIRO FILHO, A. Obstáculos para o uso da experimentação no ensino de Física: um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas brasileiras publicados em periódicos nacionais da área (1971-2006). **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 9, n. 1, 2009.

- PEREIRA, M. V. *et al.* Demonstrações experimentais de física em formato audiovisual produzidas por alunos do Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 676-692, dez. 2011.
- PEREIRA, M. V.; BARROS, S. de S. Análise da produção de vídeos por estudantes como uma estratégia alternativa de laboratório de física no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 32, n. 4, 2010.
- PIETROCOLA, M. *et al.* **Física - Conceitos e Contextos**: Pessoal, Social, Histórico. 1ª Edição. São Paulo: FTD, 2013.
- PINTO, M. M. **A utilização de instrumentos musicais e aparatos computacionais como estratégia de promoção da aprendizagem significativa no campo conceitual da física ondulatória, na educação de jovens e adultos**. (Dissertação de Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade de Brasília, Brasília, 2010.
- PIQUEIRA, J. R. C.; CARRON, W.; GUIMARÃES, O. **Física 1**. 1ª Edição. São Paulo: Ática, 2014.
- PONTOCIÊNCIA. Disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/>>. Acesso em: 30 jun. 2015.
- QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo ensino - aprendizagem. **Física na Escola**, v. 10, n. 1, p. 21-25, 2009.
- REKOVVSKY, L. **Física na cozinha**. (Dissertação de mestrado). Instituição Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Física, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, 2012.
- RIBEIRO, N. A.; MUNFORD, D.; PERNA, G. P. de A. Experiências de leitura em Ciências da Natureza na Educação de Jovens e Adultos: um estudo das práticas de professores em formação inicial. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 12, n. 2, p.129-151, 2012.
- RODRIGUES, C. R. de; COELHO, S. M.; AQUINO, A. S. Ensino de física nas séries iniciais: um estudo de caso sobre formação docente. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 3: p. 575-608, dez. 2009.
- ROSA, Á. B da.; ROSA, C. T. W da. Aulas experimentais na perspectiva construtivista. **Física na Escola**, v. 13, n. 1, p. 4-7, 2012.
- ROSA, C. W da.; ALVES FILHO, J. de P. Estudo da viabilidade de uma proposta didática metacognitiva para as atividades experimentais em física. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 20, n. 1, p. 61-81, 2014.
- SAAD, F. D. (Coord.). **Demonstrações em Ensino de Ciências: explorando fenômenos da pressão do ar e dos líquidos através de experimentos simples**. 1ªedição. São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- SANTOS, G. O. **Ensinando Física na escola em laboratórios não estruturados**. Ilhéus: Editus, 2011. (Coleção UESC- Escola ConsCiência, Cartilha 9)

SCHROEDER, C. A importância da física nas quatro primeiras séries do ensino fundamental. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 1, p. 89-94, 2007.

SEBASTIANY, A. P. *et al.* Análise das ideias dos alunos sobre hidrostática. **Física na Escola**, v. 10, n. 2, p.16-18, 2009.

SENRA, C. P.; BRAGA, M. Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 1, p. 7-29, abr. 2014.

SÉRÉ, M. G.; COELHO, S. M.; NUNES, A. D. O papel da experimentação no ensino da física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 1, p. 30-42, abr. 2003.

SILVA, S. M.; SERRA, H. Investigação sobre atividades experimentais de conhecimento físico nas séries iniciais. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 3, p. 9-23, 2013.

SILVEIRA JUNIOR, P. B. da; ARNONI, M. E. B. Física dos anos iniciais: estudo sobre a queda livre dos corpos através da metodologia da mediação dialética. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 3, 2013.

SILVEIRA, F. L.; MEDEIROS, A. O paradoxo hidrostático de Galileu e a Lei de Arquimedes. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2: p. 273-294, ago. 2009.

STEFANOVITS, A. (Editor responsável). Obra coletiva. **Ser protagonista: Física**. 1º ano: ensino médio. 2ª Edição. São Paulo: Edições SM, 2013.

TORRES, C. M. A. *et al.* **Física Ciência e tecnologia 1**. 3ª Edição. São Paulo: Moderna, 2013.

VALADARES, E de. C. Novas estratégias de divulgação científica e de revitalização do ensino de Ciências nas escolas. **Física na Escola**, v. 2, n. 2, p.10-13, 2001.

VILANOVA, R.; MARTINS, I. Educação em ciências e educação de jovens e adultos: pela necessidade do diálogo entre campos e práticas. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 14, n. 2, p. 331-346, 2008.

WHITAKER, M. A.; WHITAKER, D. C.; AZEVEDO, T. C. M de. O Tanque do Bombeiro: Abstrações Reflexivantes em Crianças da Pré-Escola. **Física na Escola**, v. 3, n. 1, p. 30-33, 2002.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Tradução: Ernani F. da Rosa. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Questionário inicial

Universidade Federal do Espírito Santo

Centro de Ciências Exatas

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 12 – UFES

Prezado Aluno,

Solicitamos a sua contribuição para o preenchimento deste questionário.

O objetivo é realizar um diagnóstico do perfil dos alunos do curso de Segurança do Trabalho do Proeja Ifes - *campus* Vitória que participarão dessa pesquisa e investigar o conhecimento prévio desses estudantes sobre conceitos abordados em Hidrostática.

NÃO há respostas “corretas”. O importante é que sua resposta reflita *sua* franca opinião em cada questão.

Dados pessoais

Nome:

Idade:

Sexo: () M () F

Possui filhos? () sim () não

Se sim, quantos e qual(is) a(s) idade(s)?

Antes de ingressar no Ifes, ou durante sua trajetória acadêmica, você ficou algum tempo sem estudar?

Se sim, quanto tempo?

Perguntas

1. O que lhe motivou a escolher este curso?

2. Após concluir o curso, você pretende seguir carreira profissional nessa área?

Sim () Não ()

3. Você exerce alguma profissão atualmente? () Sim () Não

Se sua resposta foi “sim”, qual profissão você exerce?

4. Em sua opinião, os conteúdos estudados em Física serão úteis na sua futura profissão? () Sim () Não

Se sua resposta a esta pergunta foi “Sim”, quais os conteúdos que, no seu entendimento, mais lhe serão úteis na vida profissional de técnico em Segurança do Trabalho?

5. Que importância você dá para os conteúdos estudados em Física, numa escala de 1 (Pouco importante) a 5 (Muito importante)?

Pouco Muito				
1	2	3	4	5

6. Você saberia citar alguns equipamentos que utilizam os conteúdos estudados em Física em seu funcionamento ou fenômenos naturais explicados por conceitos de Física, mesmo que não saiba explicá-los? () Sim () Não

Se sua resposta a esta pergunta foi “Sim”, cite alguns exemplos?

7. Os conteúdos estudados em Física lhe ajudam a entender melhor os fenômenos do cotidiano? () Sim () Não

Se sua resposta a esta pergunta foi “Sim”, cite exemplos?

8. Você já utilizou os conteúdos estudados em Física para resolver pequenos problemas do cotidiano? () Sim () Não

Se sua resposta a essa pergunta foi “Sim”, cite exemplos.

9. Você gosta das aulas teóricas de Física? () Sim () Não

Por quê?

10. Você costuma entender os conceitos dessa disciplina nas aulas teóricas? () Sim () Não

11. Você sente dificuldades ao aplicar os conteúdos estudados em Física utilizando fórmulas e cálculos? () Sim () Não
12. Com que frequência você obtém sucesso, ou seja, acerta a aplicação dos conteúdos utilizando fórmulas e cálculos?
- () Sempre () Quase sempre () Às vezes () Raramente () Nunca
13. Com que frequência você estuda Física?
- () Regularmente
- () Somente antes das avaliações
- () Somente quando precisa de nota
- () Somente quando o professor passa atividades para serem realizadas em casa
- () Nunca
14. Por que você estuda Física?
- () Porque é importante para a compreensão dos fenômenos do cotidiano.
- () Porque é importante para o desenvolvimento das disciplinas da área técnica.
- () Porque precisa ser aprovado para avançar no curso.
- () Não estuda pois não vê importância alguma na disciplina.
- () Outros _____
15. Na sua concepção, alguma coisa poderia ser feita para melhorar as aulas de Física? () Sim () Não

Se sua resposta a essa pergunta foi “Sim”, cite exemplos.

16. Dentre os itens citados abaixo, que importância atribui, numa escala de 1 (Pouco importante) a 5 (Muito importante)?

		Pouco Muito				
		1	2	3	4	5
Para uma melhor aprendizagem	Uso de experimentos					
	Uso do computador					
	Trabalhos em grupo					
	Interação com o professor					
	Livro didático					
	Serviço de Monitoria					
	Lista de exercícios					
Interação com os colegas da turma						

APÊNDICES

Para lhe motivar a aprender	Uso de experimentos								
	Uso do computador								
	Trabalhos em grupo								
	Interação com o professor								
	Livro didático								
	Serviço de Monitoria								
	Lista de exercícios								
	Interação com os colegas da turma								
Para sanar as suas dúvidas	Uso de experimentos								
	Uso do computador								
	Trabalhos em grupo								
	Interação com o professor								
	Livro didático								
	Serviço de Monitoria								
	Lista de exercícios								
	Interação com os colegas da turma								

17. Dos itens apresentados abaixo, assinale os que você “já ouviu falar”.

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Densidade | <input type="checkbox"/> Hidrostática | <input type="checkbox"/> Princípio de Pascal |
| <input type="checkbox"/> Massa específica | <input type="checkbox"/> Hidrodinâmica | <input type="checkbox"/> Direção Hidráulica |
| <input type="checkbox"/> Massa | <input type="checkbox"/> Vazão | <input type="checkbox"/> Lei de Stevin |
| <input type="checkbox"/> Volume | <input type="checkbox"/> Empuxo | <input type="checkbox"/> Macaco Hidráulico |
| <input type="checkbox"/> Força | <input type="checkbox"/> Princípio de Arquimedes | <input type="checkbox"/> Barômetro |
| <input type="checkbox"/> Área | <input type="checkbox"/> Pressão atmosférica | <input type="checkbox"/> Prensa Hidráulica |
| <input type="checkbox"/> Pressão | <input type="checkbox"/> Pressão Hidrostática | <input type="checkbox"/> Peso |

18. Dos itens apresentados abaixo, assinale os que você saberia explicar.

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Densidade | <input type="checkbox"/> Hidrostática | <input type="checkbox"/> Princípio de Pascal |
| <input type="checkbox"/> Massa específica | <input type="checkbox"/> Hidrodinâmica | <input type="checkbox"/> Direção Hidráulica |
| <input type="checkbox"/> Massa | <input type="checkbox"/> Vazão | <input type="checkbox"/> Lei de Stevin |
| <input type="checkbox"/> Volume | <input type="checkbox"/> Empuxo | <input type="checkbox"/> Macaco Hidráulico |
| <input type="checkbox"/> Força | <input type="checkbox"/> Princípio de Arquimedes | <input type="checkbox"/> Barômetro |
| <input type="checkbox"/> Área | <input type="checkbox"/> Pressão atmosférica | <input type="checkbox"/> Prensa Hidráulica |
| <input type="checkbox"/> Pressão | <input type="checkbox"/> Pressão Hidrostática | <input type="checkbox"/> Peso |

19. Da lista apresentada acima, escolha dois itens e tente explicá-los.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro				Totalmente seguro	
1	2	3	4	5	

20. Explique os conceitos de pressão e densidade.

APÊNDICE B - Mapa conceitual

Universidade Federal do Espírito Santo

Centro de Ciências Exatas

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 12 – UFES

Mapa conceitual

O mapa conceitual foi uma ferramenta desenvolvida pelo pesquisador Joseph Novak, juntamente com seus colaboradores, na década de 70 e, potencialmente, pode auxiliar no desenvolvimento da aprendizagem significativa. Como trabalhamos anteriormente, a criação de um mapa conceitual consiste em organizar “os conceitos” e criar “conectores” entre eles. Esse esquema lógico permite ao professor acessar informações presentes na estrutura cognitiva de quem elaborou o mapa.

Construa **SEU PRÓPRIO** mapa conceitual acerca do conteúdo HIDROSTÁTICA, utilizando como apoio as seguintes palavras-chave:

Hidrostática – Densidade – Massa – Volume – Pressão – Força – Área – Lei de Stevin – Fluidos – Repouso – Pressão atmosférica – Evangelista Torricelli – Vasos comunicantes Princípio de Pascal – Elevador hidráulico – Prensa hidráulica – Direção hidráulica – Princípio de Arquimedes – Empuxo – Flutuação dos corpos – Peso – Peso Aparente – Submarino – Altitude – Profundidade – Gravidade – Pressão hidrostática

Em seguida, escreva um texto explicando a mapa conceitual elaborado.

APÊNDICE C - Questionários intermediários⁷



Universidade Federal do Espírito Santo

Centro de Ciências Exatas

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 12 – UFES

Prezado Aluno,

Solicitamos a sua participação no preenchimento deste questionário. Ele tem o objetivo de investigar quais foram as contribuições das Atividades Experimentais Demonstrativas realizadas para a consolidação da aprendizagem dos conceitos de estudados.

É importante que sua resposta reflita **sua** franca opinião em cada item. Antecipadamente agradecemos sua participação e colaboração.

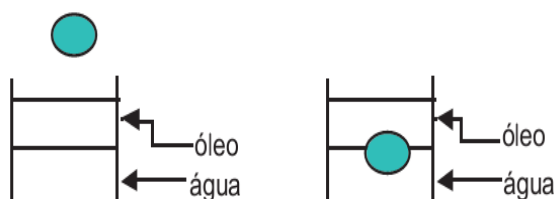
Nome: _____

QUESTIONÁRIO INTERMEDIÁRIO I

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente seguro		
1	2	3	4	5	

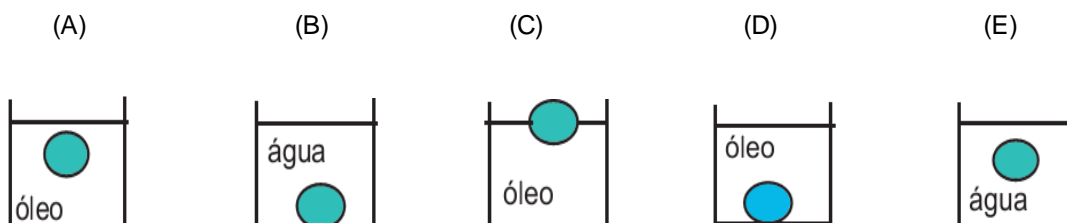
1. (Puc PR 2006) Uma esfera é liberada em um recipiente contendo água e óleo (figura 1). Observa-se que o repouso ocorre na posição em que metade de seu volume está em cada uma das substâncias (figura 2).



⁷ Apresentamos aqui as questões e as perguntas que foram utilizadas na pesquisa. Ressaltamos que em todos os seis questionários intermediários aplicados durante a intervenção, as questões deveriam ser respondidas ANTES e DEPOIS das apresentações das Atividades Experimentais Demonstrativas. Para isso, formatamos os questionários de modo que as perguntas se repetiam em folhas distintas. A versão aplicada apresentava espaço suficiente para que o aluno respondesse as questões e as perguntas.

APÊNDICES

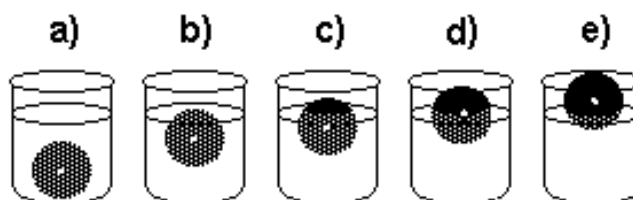
Se a esfera fosse colocada em um recipiente que contivesse somente água ou somente óleo, a situação de repouso seria: (Assinale a alternativa que contém a figura que corresponde à situação correta).



2. (UFPE 2000) Uma esfera maciça é colocada dentro de um recipiente contendo água. A densidade da esfera é $0,8\text{g/cm}^3$. Qual das figuras a seguir melhor representa a posição de equilíbrio?

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro		Totalmente seguro	
1	2	3	4
5			



3. (Fuvest 1991) Numa experiência de laboratório, os alunos observaram que uma bola de massa especial afundava na água. Arquimedes, um aluno criativo, pôs sal na água e viu que a bola flutuou. Já Ulisses conseguiu o mesmo efeito modelando a massa sob a forma de barquinho. Explique, com argumentos de Física, os efeitos observados por Arquimedes e por Ulisses.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro		Totalmente seguro	
1	2	3	4
5			

APÊNDICES

Para os itens 1 e 2, assinale um **X**, de acordo com a seguinte graduação:

1	2	3	4	5
Ruim.				Ótimo

		Ruim Ótimo				
		1	2	3	4	5
1	Seu nível INICIAL de entendimento acerca dos conceitos abordados (DENSIDADE, MASSA ESPECÍFICA E DENSIDADE RELATIVA) antes da apresentação das Atividades Experimentais Demonstrativas era					
2	Seu nível FINAL de entendimento acerca dos conceitos abordados (DENSIDADE, MASSA ESPECÍFICA E DENSIDADE RELATIVA) após a apresentação das Atividades Experimentais Demonstrativas foi					
As Atividades Experimentais Demonstrativas utilizadas contribuíram para você relacionar os conceitos abordados com alguma(s) situação (ões) do cotidiano? Em caso afirmativo , em qual (is) situação (ões) cotidiana, relacionadas a tais conceitos você pensou?						
4	Comente e/ou avalie outro aspecto que considere importante em relação ao uso das Atividades Experimentais Demonstrativas nas aulas de Física sobre Hidrostática.					

QUESTIONÁRIO INTERMEDIÁRIO II

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro					Totalmente seguro	
1	2	3	4	5		

1. (ENEM 2012) Um dos problemas ambientais vivenciados pela agricultura hoje em dia é a compactação do solo, devida ao intenso tráfego de máquinas cada vez mais pesadas, reduzindo a produtividade das culturas. Uma das formas de

prevenir o problema de compactação do solo é substituir os pneus dos tratores por pneus mais

- a) largos, reduzindo a pressão sobre o solo.
- b) estreitos, reduzindo a pressão sobre o solo.
- c) largos, aumentando a pressão sobre o solo.
- d) estreitos, aumentando a pressão sobre o solo.
- e) altos, reduzindo a pressão sobre o solo.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro					Totalmente seguro	
1	2	3	4	5		

2. Quando um certo medicamento precisa ser injetado em um paciente utiliza-se, de modo geral, agulhas que apresentam uma ponta bem fina. Explique, utilizando argumentos físicos, a importância da ponta da agulha ser fina.

APÊNDICES

Para os itens 1 e 2, assinale um **X**, de acordo com a seguinte graduação:

1	2	3	4	5
Ruim.				Ótimo

		Ruim					Ótimo					
		1	2	3	4	5						
1	Seu nível INICIAL de entendimento acerca do conceito abordado (PRESSÃO) <u>antes</u> da apresentação das Atividades Experimentais Demonstrativas era											
2	Seu nível FINAL de entendimento acerca do conceito abordado (PRESSÃO) <u>após</u> a apresentação das Atividades Experimentais Demonstrativas foi											
3	Os Experimentos Demonstrativos utilizados contribuíram para você relacionar o conceito abordado com alguma (s) situação (ões) do cotidiano? Em caso afirmativo , em qual (is) situação (ões) cotidiana, relacionada(s) a tal conceito você pensou?											
4	Comente e/ou avalie outro aspecto que considere importante em relação ao uso das Atividades Experimentais Demonstrativas nas aulas de Física sobre Hidrostática.											

QUESTIONÁRIO INTERMEDIÁRIO III

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro				Totalmente seguro	
1	2	3	4	5	

1. Para ilustrarmos a função da “ventosa” que existe no prato utilizado para servir alimentos aos bebês, fixamos o prato na porta de uma geladeira. Explique COMO a ventosa permite que o prato permaneça grudado no local onde foi colocado.



Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro				Totalmente seguro	
1	2	3	4	5	

2. Quando apertamos o conta-gotas dentro de um líquido, aparecem bolhas no líquido. Por que isso acontece?

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro				Totalmente seguro	
1	2	3	4	5	

3. Quando desapertamos a extremidade de borracha do conta-gotas, por que o líquido entra no conta-gotas?

APÊNDICES

Para os itens 1 e 2, assinale um **X**, de acordo com a seguinte graduação:

1	2	3	4	5
Ruim.				Ótimo

		Ruim					Ótimo				
		1	2	3	4	5					
1	Seu nível INICIAL de entendimento acerca do conceito abordado (PRESSÃO ATMOSFÉRICA) <u>antes</u> da apresentação das Atividades Experimentais Demonstrativas era										
2	Seu nível FINAL de entendimento acerca do conceito abordado (PRESSÃO ATMOSFÉRICA) <u>após</u> a apresentação das Atividades Experimentais Demonstrativas foi										
3	Os Experimentos Demonstrativos utilizados contribuíram para você relacionar o conceito abordado com alguma (s) situação (ões) do cotidiano? Em caso afirmativo , em qual (is) situação (ões) cotidiana, relacionada(s) a tal conceito você pensou?										
4	Comente e/ou avalie outro aspecto que considere importante em relação ao uso das Atividades Experimentais Demonstrativas nas aulas de Física sobre Hidrostática.										

QUESTIONÁRIO INTERMEDIÁRIO IV

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente Seguro		
1	2	3	4	5	

1. A imagem abaixo mostra uma caixa d'água de 3000 litros.

Quando a caixa estava cheia, o encanamento de saída mostrado na figura da esquerda apresentava vazamento.

Quando a caixa d'água era esvaziada, para que a empresa responsável pela manutenção pudesse fazer o reparo, o

vazamento cessava, mesmo havendo água dentro da caixa em um nível superior ao cano de saída. Explique a razão para a caixa apresentar vazamento quando cheia e esse vazamento ser interrompido quando a caixa estava semivazia.



Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente Seguro		
1	2	3	4	5	

2. O mergulho livre (ou em apneia), com raízes ancestrais nos mergulhadores à procura de alimentos e tesouros, é praticado por dezenas de milhares de mergulhadores. No dia

QUESTIONÁRIO INTERMEDIÁRIO V

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro			Totalmente seguro		
1	2	3	4	5	

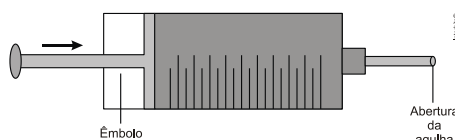
1. O princípio de Pascal afirma que:

- a) A pressão no interior de um líquido independe da profundidade;
- b) As moléculas de um líquido se atraem fortemente;
- c) Todos os líquidos possuem mesma pressão hidrostática;
- d) A pressão de um ponto, no fundo de um frasco cheio de líquido, depende da área do fundo do frasco;
- e) A pressão aplicada a um líquido em equilíbrio se transmite integralmente a todos os pontos do líquido e das paredes do frasco que o contém.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro			Totalmente seguro		
1	2	3	4	5	

2. (Ufsm 2013) Certo medicamento, tratado como fluido ideal, precisa ser injetado em um paciente, empregando-se, para tanto, uma seringa.



Considere que a área do êmbolo seja 400 vezes maior que a área da abertura da agulha e despreze qualquer forma de atrito. Um acréscimo de pressão igual a ΔP sobre o êmbolo corresponde a qual acréscimo na pressão do medicamento na abertura da agulha?

- a) ΔP .
- b) $200\Delta P$.
- c) $\frac{\Delta P}{200}$.
- d) $400\Delta P$.
- e) $\frac{\Delta P}{400}$.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro			Totalmente seguro		
1	2	3	4	5	

3. (Enem 2013- MODIFICADA) Para oferecer acessibilidade aos portadores de dificuldade de locomoção, é utilizado, em ônibus e automóveis, o elevador hidráulico. Nesse dispositivo é usada uma bomba elétrica, **para forçar um fluido a passar de uma tubulação estreita para outra mais larga**, e dessa forma acionar um pistão que movimenta a plataforma. Considere um elevador hidráulico cuja área

da cabeça do pistão seja cinco vezes maior do que a área da tubulação que sai da bomba. **Explique por que as áreas da tubulação de saída da bomba e da cabeça do pistão são diferentes.**

Para os itens 1 e 2, assinale um **X**, de acordo com a seguinte graduação:

1	2	3	4	5
Ruim.				Ótimo

		Ruim Ótimo				
		1	2	3	4	5
1	Seu nível INICIAL de entendimento acerca do conceito abordado (PRINCIPIO DE PASCAL) antes da apresentação das Atividades Experimentais Demonstrativas era					
2	Seu nível FINAL de entendimento acerca do conceito abordado (PRINCIPIO DE PASCAL) após a apresentação das Atividades Experimentais Demonstrativas foi					
3	Os Experimentos Demonstrativos utilizados contribuíram para você relacionar o conceito abordado com alguma (s) situação (ões) do cotidiano? Em caso afirmativo , em qual (is) situação (ões) cotidiana, relacionada(s) a tal conceito você pensou?					
4	Comente e/ou avalie outro aspecto que considere importante em relação ao uso das Atividades Experimentais Demonstrativas nas aulas de Física sobre Hidrostática.					

QUESTIONÁRIO INTERMEDIÁRIO VI

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente Seguro	
1	2	3	4	5

1. (G1 - ifsc 2011) Por que, ao entrarmos no mar ou em uma piscina, temos a sensação de perda de peso?

- a) Porque nosso peso é anulado pela força da água.
- b) Porque o empuxo diminui a força resultante atuante em nosso corpo.
- c) Porque o empuxo diminui o peso de nosso corpo.
- d) Porque não passa de ilusão, é só a água que restringe nossos movimentos.
- e) Porque a gravidade é menor dentro da água.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro			Totalmente seguro	
1	2	3	4	5

2. (Enem 2010) Durante uma obra em um clube, um grupo de trabalhadores teve de remover uma escultura de ferro maciço colocada no fundo de uma piscina vazia. Cinco trabalhadores amarraram cordas à escultura e tentaram puxá-la para cima,

sem sucesso. Se a piscina for preenchida com água, ficará mais fácil para os trabalhadores removerem a escultura, pois a:

APÊNDICE D – Roteiro semiestruturado para a realização da prática investigativa⁸



Universidade Federal do Espírito Santo

Centro de Ciências Exatas

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 12 – UFES

Roteiro para realização de atividade experimental relacionada aos conceitos de densidade, massa específica e empuxo.

- **OBJETIVOS**

- ✓ Determinar experimentalmente a densidade de uma esfera de vidro e a massa específica de alguns líquidos.
- ✓ Determinar experimentalmente a força de empuxo que age sobre determinado corpo submerso.

- **MATERIAIS DISPONÍVEIS**

- ✓ Balança digital de precisão
- ✓ Provetas
- ✓ Paquímetros
- ✓ Densímetros
- ✓ Dinamômetros
- ✓ Béquer
- ✓ Cilindros de nylon
- ✓ Cilindros metálicos

⁸ Na versão aplicada, a formatação permitia que os alunos anotassem nesse roteiro as observações realizadas e os dados coletados.

- ✓ Seringas
- ✓ Esferas de vidro
- ✓ Água
- ✓ Álcool
- ✓ Glicerina
- ✓ Mercúrio
- ✓ Óleo
- ✓ Shampoo
- ✓ Fluido automotivo

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

1ª PARTE

1.1 Escolha um dos líquidos disponíveis para analisar sua massa específica.

1.1.1 Qual o líquido escolhido pela dupla?

1.1.2 Qual o procedimento que a dupla **PRETENDE ADOTAR** para analisar a massa específica desse líquido?

1.2. Executem o procedimento planejado e verifiquem a massa específica do líquido.

CASO TENHA OCORRIDO ALGO INESPERADO e/ou IMPREVISTO RELATE AQUI.

1.2.1 Qual o valor encontrado para a massa específica do líquido em questão?

1.2.2 O valor encontrado está coerente com os valores relatados na literatura (nos livros, etc.) para a massa específica do líquido em questão? Discuta as possíveis fontes de erro (caso existam).

2ª PARTE

2.1 Escolha uma das esferas de vidro disponíveis para analisar sua densidade.

2.1.1 Qual o procedimento que a dupla **PRETENDE ADOTAR** para analisar a densidade dessa esfera?

2.2 Executem o procedimento planejado e verifiquem a densidade da esfera.

CASO TENHA OCORRIDO ALGO INESPERADO e/ou IMPREVISTO RELATE AQUI.

2.2.1 Qual o procedimento **EXECUTADO** pela dupla para analisar a densidade da esfera?

2.2.2 Qual o valor encontrado para a densidade da esfera de vidro em questão?

2.2.3 O valor encontrado está coerente com os valores relatados na literatura (nos livros, etc.) para a massa específica do vidro? Discuta as possíveis fontes de erros (caso existam).

3ª PARTE

3.1 Escolha um dos cilindros de nylon disponíveis para analisar o EMPUXO exercido pela água sobre o cilindro quando o mesmo está submerso líquido.

3.1.1 Qual o procedimento que a dupla **PRETENDE ADOTAR** para analisar o EMPUXO sobre o cilindro?

3.2 Executem o procedimento planejado e verifiquem o EMPUXO sobre o cilindro.

CASO TENHA OCORRIDO ALGO INESPERADO e/ou IMPREVISTO RELATE AQUI.

3.2.1 Qual o procedimento **EXECUTADO** pela dupla para analisar o EMPUXO sobre o cilindro?

3.2.2 Qual o valor encontrado para o EMPUXO que é exercido pela água sobre o cilindro?

3.2.3 Discuta se o valor encontrado está coerente com o valor esperado?

4ª PARTE

4.1 Utilizando o mesmo cilindro de nylon, analise o EMPUXO exercido por outro LÍQUIDO (dos disponibilizados para a 1ª parte dessa atividade experimental) sobre o cilindro quando o mesmo está submerso nesse líquido.

4.1.1 Qual o líquido escolhido pela dupla para analisar o novo EMPUXO sobre o cilindro?

4.1.2 Qual o procedimento que a dupla **PRETENDE ADOTAR** para analisar o EMPUXO sobre o cilindro?

4.2 Executem o procedimento planejado e verifiquem a densidade da esfera.

CASO TENHA OCORRIDO ALGO INESPERADO e/ou IMPREVISTO RELATE AQUI.

4.2.1 Qual o procedimento **EXECUTADO** pela dupla para analisar o EMPUXO sobre o cilindro?

4.2.2 Qual o valor encontrado para o EMPUXO que o líquido exerce sobre o cilindro?

4.2.3 Discuta se o valor encontrado está coerente com o valor esperado?

5ª PARTE

5.1 Escolha um dos cilindros metálicos disponíveis para analisar o EMPUXO exercido pela água sobre o mesmo quando esse está submerso nesse líquido.

5.1.1 Qual o procedimento que a dupla **PRETENDE ADOTAR** para analisar o EMPUXO sobre o cilindro?

5.2 Executem o procedimento planejado e verifiquem a densidade da esfera. CASO TENHA OCORRIDO ALGO INESPERADO e/ou IMPREVISTO RELATE AQUI.

5.2.1 Qual o procedimento EXECUTADO pela dupla para analisar o EMPUXO sobre o cilindro?

5.2.2 Qual o valor encontrado para o EMPUXO que o líquido exerce sobre o cilindro?

5.2.3 Discuta se o valor encontrado está coerente com o valor esperado?

APÊNDICE E – Avaliação tradicional



Universidade Federal do Espírito Santo

Centro de Ciências Exatas

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 12 – UFES

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro			Totalmente seguro		
1	2	3	4	5	

1. No decorrer do estudo da Hidrostática, realizamos algumas atividades experimentais envolvendo flutuação de corpos. Embasado nas discussões que realizamos em sala de aula, explique o que ocorre quando colocamos uma esfera metálica de densidade $8,5 \text{ g/cm}^3$ dentro de uma proveta contendo mercúrio (massa específica $13,6 \text{ g/cm}^3$)? Justifique sua resposta utilizando argumento físico conciso.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

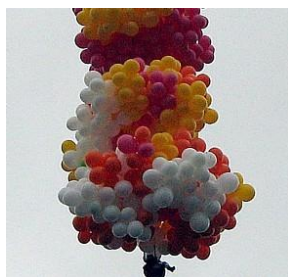
Totalmente inseguro			Totalmente seguro		
1	2	3	4	5	

2. Em abril de 2008 o padre Adelir Antônio de Carli, levantou vôo com cerca de mil balões de festa de aniversário cheios de gás hélio em Paranaguá, no sul do Paraná. O objetivo dele era chegar à cidade de Ponta

Grossa, mas acabou sendo desviado do trajeto pelo vento e caiu no mar. Parte do corpo dele foi localizado por uma embarcação que presta serviços para a Petrobrás, a 100 km da costa de Macaé (RJ), em 3 de julho. (Fonte:

<http://noticias.terra.com.br/retrospectiva/2008/interna/0,,OI3334617-EI12492,00->

[Padre+morre+apos+levantar+voo+com+mil+baloes+de+festa.html](http://noticias.terra.com.br/retrospectiva/2008/interna/0,,OI3334617-EI12492,00-Padre+morre+apos+levantar+voo+com+mil+baloes+de+festa.html). Acesso em: 09 dez. 2013.)



O triste acidente mencionado acima infere a possibilidade de voar utilizando balões de aniversário. Explique fisicamente como é possível voar utilizando tais balões.

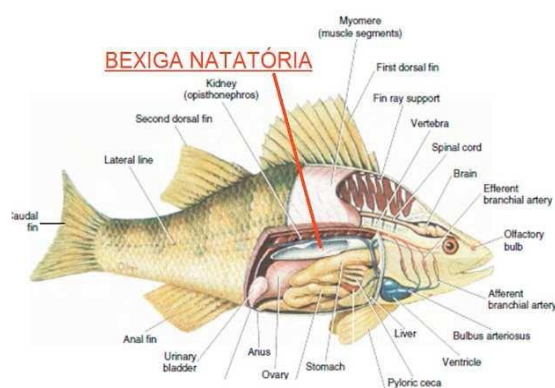
Créditos da imagem: http://agica.net/padre_adelir_antonio_de_carli.htm. Acesso em: 09 dez. 2013.

APÊNDICES

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente seguro	
1	2	3	4	5

3. A bexiga natatória ocorre nos peixes e permite aos mesmos controlar o nível de sua profundidade na água através do enchimento ou esvaziamento. Explique como esse órgão realiza esse controle.



Créditos da imagem:

<http://salabioquimica.blogspot.com.br/2011/09/desenvolvimento-do-tubarao-e->

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente seguro	
1	2	3	4	5

4. Talvez você já tenha observado que os BUGGIES, veículos destinados a andar na areia, possuem características especiais. **Leia a pergunta a seguir** extraída do site: <http://planetabuggy.forumeiros.com/t4345-pneus-e-rodas-para-areia>. Acesso em: 12 ago. 2013.

Pneus e rodas para areia

***Mensagem por mergulhorj em Sex
Maio 11, 2012 4:44 pm***



Galera estou transformando um fusca para rodar na areia de Itaipuaçu, e não sei qual rodas e pneus colocar, a areia não é fina e atola fácil (....) a galera pode me ajudar? (...)

Créditos da imagem: http://www.motorfox.es/upload/web/buggies_07.jpg. Acesso em: 02 ago. 2014.

Baseado nas discussões realizadas em sala de aula, qual seria a principal característica que deveríamos considerar ao realizar a escolha do pneu? Justifique sua resposta.

APÊNDICES

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente		Totalmente	
Inseguro	seguro	Inseguro	seguro
1	2	3	4
5			

5. A figura abaixo representa a utilização do salto alto, prática muito comum entre as mulheres. Explique, utilizando o conceito de pressão, porque quando uma mulher anda de salto sobre a grama é muito comum o salto “afundar”.



Créditos da imagem: <http://mundodasdicar.com.br/sapatos-com-salto-alto-e-fino-colecao-fotos> Acesso em: 16 dez.2013.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente		Totalmente	
Inseguro	seguro	Inseguro	seguro
1	2	3	4
5			

6. A imagem abaixo mostra a caixa d'água do Ifes – *campus* Vitória. Observe a localização elevada, acima do nível do último andar do prédio mais alto da instituição (Prédio Administrativo, à direita). Explique a razão pela qual as

caixas d'água estão sempre localizadas em locais elevados.



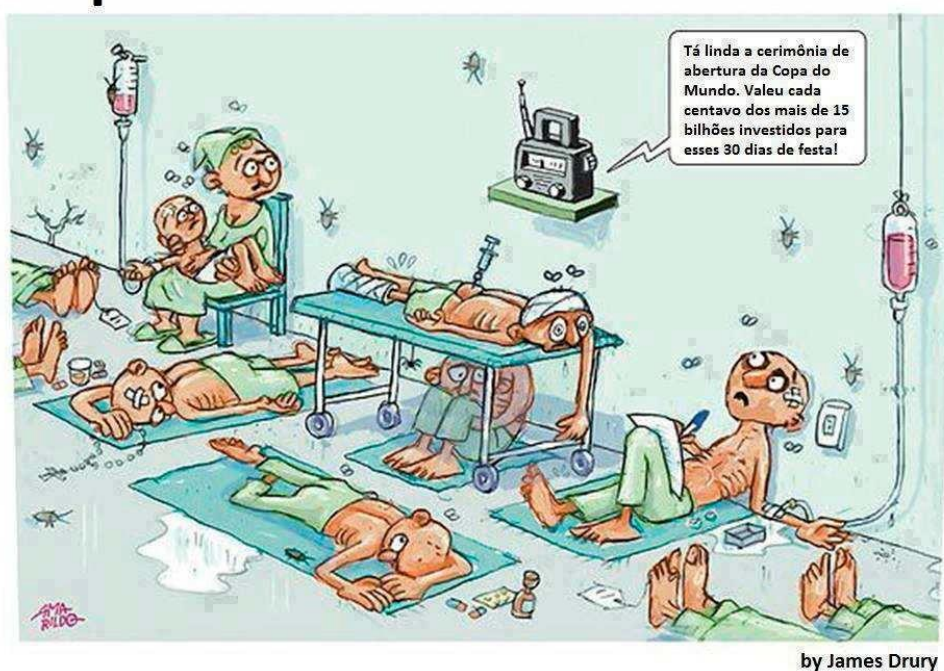
APÊNDICES

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente			Totalmente	
Inseguro			seguro	
1	2	3	4	5

7. Observe a charge abaixo.

Enquanto isso em 2014...



by James Drury

Fonte da charge: <http://www.descalibrado.com.br/blog/page/37/>. Acesso em: 16 dez. 2013.

Existe na charge uma crítica aos gastos que o Brasil realizou para sediar a Copa do Mundo de 2014 em contraste com o desrespeito que temos enfrentado na saúde pública. Mas nosso enfoque será outro. Talvez você já tenha vivido ou presenciado alguém recebendo soro através da veia. É de conhecimento das pessoas que trabalham na área médica que, para penetração na veia do paciente, o nível do soro deve ficar acima do nível do vaso sanguíneo. Explique, a razão pela qual é necessário que o soro fique localizado acima do nível da veia do paciente para que possa ser ingerido.

8. Na imagem abaixo apresentamos uma garrafa pet na qual foram feitos dois furos em profundidades diferentes. Ao retirar-se a tampa, a água começa a jorrar pelos dois orifícios que estão desnivelados. Quando tampamos novamente a garrafa, a água continua a jorrar apenas pelo orifício inferior.



Fonte: http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=lc&cod=_oescoamentodaaguaemduass. Acesso em: 16 dez. 2013

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente seguro	
1	2	3	4	5	

a) Qual filete d'água atinge a maior distância? Explique sua resposta.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente seguro	
1	2	3	4	5	

b) Explique por que ao tamparmos a garrafa a água sai apenas pelo orifício inferior.

9. As figuras a seguir mostram dois submarinos em posições distintas: na superfície (à direita) e submerso (à esquerda). Submarinos possuem tanques de lastro, que podem estar cheios de água ou vazios. Quando os tanques estão vazios, o submarino flutua na superfície da água, com parte do seu volume acima da superfície. Quando os tanques estão cheios de água, o submarino flutua em equilíbrio abaixo da superfície.



Créditos das imagens: Imagem da esquerda: http://2.bp.blogspot.com/-e87v8061MyE/Tum_Yh68ID/AAAAAAAAALVc/Kiv7IlyDxTI/s1600/Dmitry-Donskoy.jpg. Imagem da Direita: <http://www.planobrazil.com/w-p-content/uploads/2013/06/yassen.jpg>. Acesso em: 02 dez. 2014.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente Seguro	
1	2	3	4	5

- a) Explique o que é alterado no submarino quando o tanque é cheio ou esvaziado e como que isso permite ao submarino flutuar ou afundar.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente			Totalmente	
Inseguro		seguro	
1	2	3	4	5

- b) Explique em qual situação a pressão sobre o submarino é menor: quando o mesmo se encontra na superfície ou no fundo do oceano. Justifique sua resposta.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente			Totalmente	
Inseguro			seguro
1	2	3	4	5

10. Em narrações esportivas de futebol, é comum ouvirmos que, quando os jogadores se deslocam de cidades litorâneas para cidades localizadas muito acima do nível do mar, ocorrem desconfortos físicos e até mesmo alterações no desempenho dos jogadores. Utilizando os conceitos estudados nas aulas de Física, explique a origem desse desconforto.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente			Totalmente	
Inseguro			seguro
1	2	3	4	5

11. Explique fisicamente como é possível tomarmos refrigerante utilizando canudinhos. Discuta o que ocorre quando você “suga o refrigerante” e o que proporciona o refrigerante “subir até a sua boca”.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente seguro	
1	2	3	4	5	

12. O vagão-tanque vazio, mostrado na figura abaixo, estava sendo limpo com vapor à alta temperatura com o intuito de prepará-lo para um trabalho de manutenção. A limpeza ainda estava em progresso, quando então o funcionário que executava o serviço decidiu bloqueá-lo, fechando a abertura do tanque (impedindo a entrada e saída de ar), paralisando a limpeza para a troca de turno. Após certo tempo, um funcionário percebeu que o vagão havia sido esmagado. Explique o que aconteceu com o vagão para ocorrer o esmagamento.

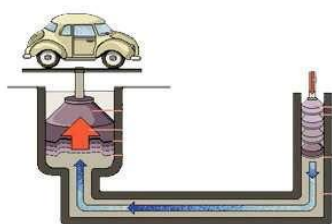


Créditos da imagem: <http://inspecaoequipto.blogspot.com.br/2013/06/caso-017-falha-resultante-por-vacuo.html>. Acesso em: 16 dez.2013.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente Inseguro			Totalmente seguro	
1	2	3	4	5	

13. Os elevadores hidráulicos encontrados nos postos de combustíveis funcionam baseados no princípio de Pascal. Esse princípio de funcionamento se aplica aos freios hidráulicos dos automóveis, a prensa hidráulica e ao macaco hidráulico, dentre outros equipamentos. As máquinas hidráulicas são instrumentos capazes de multiplicar forças que estão presentes em nosso cotidiano. Explique, utilizando conceitos físicos, o princípio de funcionamento dos sistemas hidráulicos.



Créditos da imagem: Imagem da direita: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=20888>

Imagem da esquerda: <http://www.brasilescola.com/fisica/maquinas-hidraulicas-aplicacao-principio-pascal.htm> Acesso em: 16 dez.2013.

APÊNDICES

14. Em uma atividade experimental sobre EMPUXO um pequeno bloco cilíndrico é pendurado em um dinamômetro para que se realize a leitura de seu peso. Em seguida, sem remover o dinamômetro, o bloco é mergulhado inteiramente em água, contida dentro de uma proveta, sem permitir que o mesmo toque o fundo e as paredes do recipiente. Por causa dessa imersão, o nível do líquido na proveta subiu 40 ml e a marcação do dinamômetro passou de 0,5N para 0,1N.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente		Totalmente	
Inseguro	seguro	
1	2	3	4 5

- a) Represente o bloco imerso no líquido e as forças exercidas sobre ele, nomeando-as.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente		Totalmente	
Inseguro	seguro	
1	2	3	4 5

- b) Qual o volume do bloco submerso? Justifique sua resposta.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente		Totalmente	
Inseguro	seguro	
1	2	3	4 5

- c) Qual o peso do bloco? Justifique sua resposta.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente		Totalmente	
Inseguro	seguro	
1	2	3	4 5

- d) Qual o empuxo que a água exerce sobre o bloco? Justifique sua resposta.

APÊNDICES

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro			Totalmente seguro		
1	2	3	4	5	

15. Leia com atenção a charge abaixo.



Créditos da imagem: <http://engenhariadacerveja.engenhariadacerv.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2013/02/empuxo.jpg>
Acesso em: 16 dez. 2013.

Explique por que a pedra quando estava submersa estava “leve” e quando atingiu a superfície da água ficou “pesada”.

Atribua o grau de segurança com o qual você respondeu essa questão, numa escala de 1 (Totalmente inseguro) a 5 (Totalmente seguro).

Totalmente inseguro			Totalmente seguro		
1	2	3	4	5	

16. Em um experimento, coloca-se água dentro de um béquer até atingir a marca de 400cm^3 . Em seguida, é posto nessa água um objeto que fica completamente submerso deslocando a marcação da água para 450cm^3 . Sabendo

que o objeto possui massa de 60g , determine a densidade do mesmo.

APÊNDICE F– Questionário de opinião



Universidade Federal do Espírito Santo
 Centro de Ciências Exatas
 Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF
 Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 12 – UFES

Prezado Aluno,

Solicitamos a sua participação no preenchimento deste questionário. Ele tem o objetivo de investigar a avaliação do aluno sobre a proposta de ensino utilizada no estudo da Hidrostática.

NÃO se preocupe, pois não há respostas corretas. O importante é que a resposta reflita **sua** franca opinião em cada item.

Dê sua nota, marcando um **X** para cada item de acordo com a seguinte graduação:

1	2	3	4	5
Ruim/Pouco.				Ótimo/Muito

		Ruim. Ótimo (a)				
		1	2	3	4	5
1	Seu nível INICIAL de entendimento do assunto Hidrostática antes da abordagem do conteúdo em aula era					
2	Seu nível FINAL de entendimento do assunto Hidrostática após a abordagem do conteúdo em aula foi					
3	A utilização de aulas em <i>SLIDES</i> foi					
4	A utilização de ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS foi					
5	A utilização de TEXTOS nas aulas de Física foi					
6	A utilização de VÍDEOS nas aulas de Física foi					Faltei nesse dia
7	A utilização de MÚSICAS nas aulas de Física foi					Faltei nesse dia
8	A utilização da PRÁTICA INVESTIGATIVA foi					Faltei nesse dia
9	Qual foi seu grau de motivação para a realização da PRÁTICA INVESTIGATIVA?					Faltei nesse dia
10	Qual foi seu grau de motivação para a realização da AVALIAÇÃO TRADICIONAL?					Faltei nesse dia
11	Qual foi seu grau de motivação para a elaboração dos MAPAS CONCEITUAIS?					Faltei nesse dia

			Pouco Muito				
			1	2	3	4	5
12	As Atividades Experimentais Demonstrativas	despertaram seu interesse para o assunto?					
13		contribuíram para sua compreensão dos conceitos físicos presentes no estudo da Hidrostática?					
14		contribuíram para mantê-lo atento às explicações e às discussões sobre Hidrostática?					
15		permitiram um aumento do diálogo com a professora?					
16		o estimularam a participar da aula o levando a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado?					
17		o estimularam a fazer os exercícios propostos?					
18	Os exemplos, utilizados pela professora na abordagem do conteúdo	despertaram seu interesse para o assunto?					
19		contribuíram para sua compreensão dos conceitos físicos presentes no estudo da Hidrostática?					
20		contribuíram para mantê-lo atento às explicações e às discussões sobre Hidrostática?					
21		permitiram um aumento do diálogo com a professora?					
22		o estimularam a participar da aula o levando a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado?					
23		o estimularam a fazer os exercícios propostos?					
24	A prática investigativa	despertou seu interesse para o assunto?					
25		contribuiu para sua compreensão dos conceitos físicos presentes no estudo da Hidrostática?					
26		contribuiu para mantê-lo atento às explicações e às discussões sobre Hidrostática?					
27		permitiu um aumento do diálogo com a professora?					
28		o estimulou a participar da aula o levando a fazer, espontaneamente, perguntas ou comentários sobre o conteúdo abordado?					
29	Comente e/ou avalie os aspectos que você considere POSITIVOS em relação à METODOLOGIA utilizada nas aulas de Física sobre Hidrostática. <div>Utilize o verso, se necessário.</div>						
30	Comente e/ou avalie os aspectos que você considere NEGATIVOS em relação à METODOLOGIA utilizada nas aulas de Física sobre Hidrostática. <div>Utilize o verso, se necessário.</div>						

APÊNDICE G – Síntese das propostas experimentais entregue aos alunos

Na primeira proposta experimental mostramos que a densidade do objeto em relação ao fluido no qual o colocamos determina a flutuação do objeto. Na Figura 1 ilustramos as situações exploradas.



Figura 1: Imagens dos experimentos explorados na primeira proposta experimental.

A segunda Proposta Experimental aprofundava as discussões apresentadas na proposta anterior. A Figura 2 ilustra os experimentos realizados nessa proposta.



Figura 2: Imagens dos experimentos explorados na segunda proposta experimental.

A terceira proposta experimental abordava a posição de equilíbrio entre líquidos imiscíveis. A Figura 3 ilustra os experimentos realizados.



Figura 3: Imagens dos experimentos explorados na terceira proposta experimental.

A quarta proposta experimental possuía o objetivo de verificar a relação entre a pressão, a força aplicada e a área onde está sendo aplicada a força. Na Figura 4 mostramos os experimentos realizados nessa proposta.



Figura 4: Imagens dos experimentos explorados na quarta proposta experimental.

A quinta proposta possuía o objetivo de mostrar o que ocorre quando existe diferença de pressão entre a parte interna e externa de um objeto, além de explorar a relação entre a pressão e a temperatura de uma massa gasosa a volume constante. Ilustramos na Figura 5 os experimentos apresentados nessa proposta.



Figura 5: Imagens dos experimentos explorados na quinta proposta experimental.

A sexta proposta possuía o mesmo objetivo que a anterior. Na Figura 6 mostramos as atividades realizadas nessa proposta.



Figura 6: Imagens dos experimentos explorados na sexta proposta experimental.

A sétima PE tinha o objetivo de mostrar o que ocorre quando existe diferença de pressão entre a parte interna e externa de um objeto, a necessidade de oxigênio para manter a combustão e a diminuição de pressão no interior de um recipiente onde ocorreu a combustão. Mostramos na Figura 7 os experimentos presentes nessa proposta.



Figura 7: Imagens dos experimentos explorados na sétima proposta experimental.

A oitava proposta tinha o objetivo de mostrar o que ocorre com a pressão à medida que aumentamos a profundidade e como a pressão atmosférica pode influenciar no escoamento da água. Ilustramos na Figura 8 as atividades realizadas.

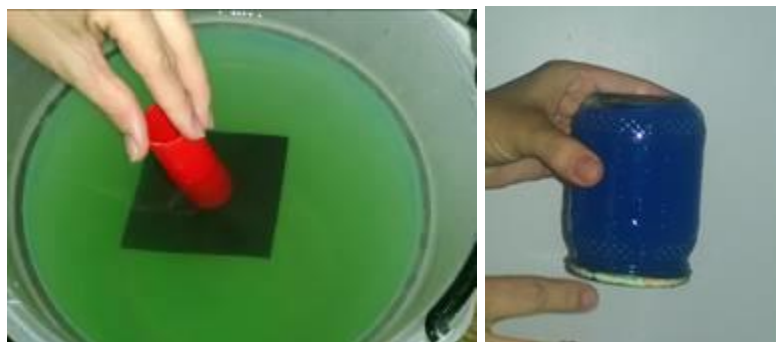


Figura 8: imagens dos experimentos explorados na oitava proposta experimental.

A nona PE apresentava o mesmo objetivo que a proposta anterior e nela exploramos o escoamento da água em garrafas PET com furos (Figura 9).

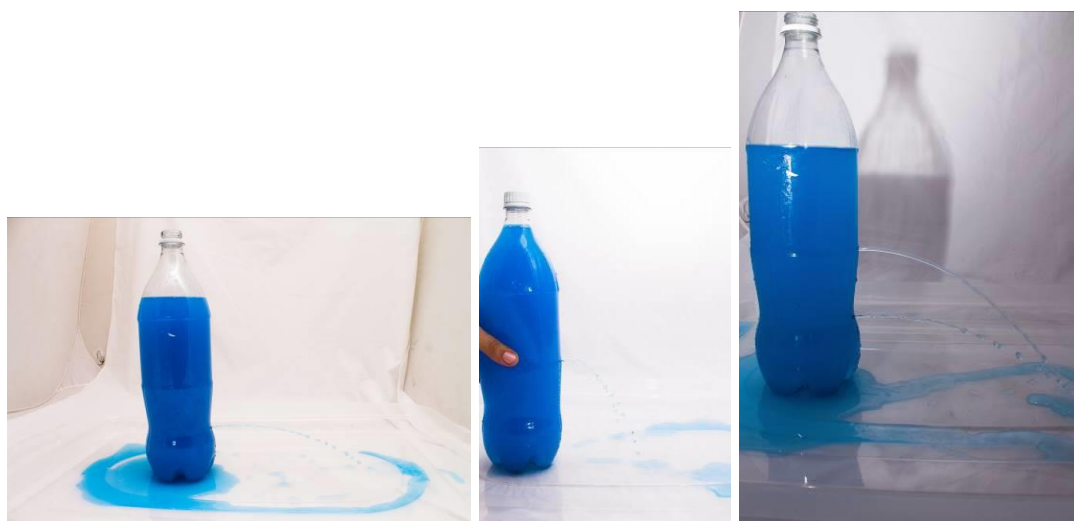


Figura 9: Imagens dos experimentos explorados na nona proposta experimental.

A décima proposta mostrava o princípio de funcionamento dos vasos comunicantes e o aumento da pressão exercida por um líquido com a profundidade. Ilustramos na Figura 10 os experimentos explorados nesta proposta.



Figura 10: Imagens dos experimentos explorados na décima proposta experimental.

A décima primeira proposta experimental tinha o objetivo de mostrar que a pressão exercida sobre um fluido se transmite em todas as direções e sentidos, e explorava também o funcionamento do elevador hidráulico. Na Figura 11 ilustramos os experimentos explorados nessa proposta.



Figura 11: Imagens dos experimentos explorados na décima primeira proposta experimental.

A décima segunda proposta experimental possuía um único experimento ilustrado na Figura 12.



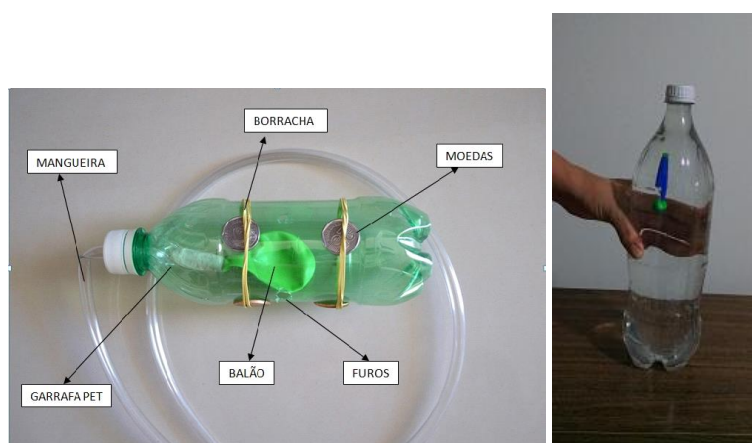
Figura 12: Imagens do sistema explorado na décima segunda proposta experimental.

A décima terceira proposta tinha o objetivo de explorar o empuxo exercido num corpo imerso em um fluido. O experimento explorado nessa proposta é apresentado na Figura 13.



Figura 13: Imagem do aparato utilizado na décima terceira proposta experimental.

A décima quarta proposta experimental explorava o Princípio de Arquimedes através da simulação de um submarino e da construção de um ludião. Ilustramos essas atividades na Figura 14.



Créditos da imagem: Rogério Oliveira Silva

Figura 14: Imagens dos experimentos explorados na décima quarta proposta experimental.

APÊNDICE H – Termo de consentimento livre e esclarecido -TCLE

Universidade Federal do Espírito Santo

Centro de Ciências Exatas

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física - MNPEF

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física – Polo 12 – UFES

Prezado (a) aluno (a) do curso técnico em Segurança do Trabalho integrado a educação básica na modalidade de Educação de Jovens e Adultos - Proeja – Ifes – *campus* Vitória. Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário, em uma pesquisa. Após ser esclarecido (a) sobre as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é da coordenação da pesquisa.

A pesquisa **“O ENSINO DE FÍSICA NA EJA: UMA PROPOSTA COM FOCO NA UTILIZAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS – UM EXEMPLO NO ESTUDO DA HIDROSTÁTICA”** será desenvolvida por pesquisadores do Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física vinculado à Sociedade Brasileira de Física e ofertado em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo (MNPEF - Polo 12 - Ufes), sob a coordenação dos seguintes pesquisadores:

João Paulo Casaro Erthal – jperthal@gmail.com – Professor Orientador

Aline Costalonga Gama – alinecga@yahoo.com.br – Mestranda do Programa

Trata-se de uma pesquisa que tem como objetivo investigar uma proposta de ensino de Física na EJA focada nas Atividades Experimentais Demonstrativas. Durante o desenvolvimento deste trabalho, para tratar os dados numa perspectiva científica, os pesquisadores coletarão dados, por meio de questionários, mapas conceituais, entrevistas, avaliações tradicionais e registro de todas as aulas em áudio (sendo possível algum registro em vídeo). Os dados coletados serão todos tratados e analisados.

Esclarecemos que, em nenhum momento, divulgaremos seus dados pessoais (nome, imagem e outros) sem sua prévia autorização, garantindo assim o sigilo dos dados coletados. Afirmamos que os instrumentos de pesquisa foram elaborados conforme as orientações da Resolução CNS nº 196, de 10 de outubro de 1996 (disponível em: <http://www.cefetes.br/pse/prppg/comites/>) e seus dados servem somente para fins de pesquisa.

Antecipadamente agradecemos a contribuição e colocamo-nos à disposição para os esclarecimentos que se fizerem necessários.

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO

Eu, _____, RG/CPF/n.º de matrícula _____, abaixo assinado, concordo em participar da pesquisa **“O ENSINO DE FÍSICA NA EJA: UMA PROPOSTA COM FOCO NA UTILIZAÇÃO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS – UM EXEMPLO NO ESTUDO DA HIDROSTÁTICA”** desenvolvida por pesquisadores vinculados ao Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF – Polo 12 – Ufes). Fui devidamente informado (a) e esclarecido (a) pelos pesquisadores sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

_____, _____ de _____ de 2014

Assinatura

APÊNDICE I – Lista de Conceitos apresentados aos alunos e respostas assinadas pelos mesmos

Aluno	Física																				
	Densidade	Massa específica	Massa	Volume	Força	Área	Pressão	Hidrostática	Hidrodinâmica	Vazão	Empuxo	Princípio de Arquimedes	Pressão atmosférica	Pressão hidrostática	Princípio de Pascal	Macaco hidráulico	Prensa hidráulica	Direção hidráulica	Lei de Stevin	Barômetro	Peso
A1			Y	Y	Y																
A2			Y	Y	Y	Y	X ^Y														
A3	Y	Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y	Y	Y									Y					Y
A4			X ^Y	X ^Y	X ^Y	Y	X ^Y						Y								X ^Y
A5	X ^Y	Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y		X ^Y						Y								X ^Y
A6			X ^Y	X ^Y	X ^Y		Y														Y
A7	Y	X ^Y	X ^Y	Y	X ^Y	Y	Y						Y								X ^Y
A8	Y	Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y																Y
A9	Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y	Y	Y	X ^Y						Y			Y		Y			X ^Y
A10	Y	Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y	Y						Y			Y		Y			Y
A11	X ^Y	X	X ^Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y	Y				Y		Y			X ^Y		X ^Y			Y
A12	X ^Y		X ^Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y						Y			Y		Y			Y
A13	Y		X ^Y	Y	X ^Y						X ^Y										Y
A14	Y		X ^Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y	X ^Y	Y	Y	Y	Y		Y	Y		X ^Y	Y	Y		Y	Y
NC	10	6	14	14	14	9	11	1	1	1	3	-	8	1	-	6	1	5	-	1	12
SE	3	3	12	10	11	4	6	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	1	-	-	5

NC: Número alunos que assinalaram tal conceito; **SE:** Número de alunos que declararam saber explicar tal conceito; Y: “Já ouviu falar”; x: “Saberia explicar”

APÊNDICE J – Tabulação dos dados dos questionários intermediários

Apresentamos nesse APÊNCIDE as Tabelas com as tabulações das respostas às questões e as perguntas P1 e P2 presente nos questionários intermediários.

Tabela AJ1: Tabulação das respostas apresentadas pelos alunos no questionário intermediário I

Aluno		Q1	GS	Q2	GS	Q3	GS	ID	P1	P2
A1	Antes	E	1	B	2	PA	1	17	1	3
	Depois	E	0	A	0	PA	0	50		
A2	Antes	E	3	PA	3	B	0	17	4	5
	Depois	A	5	PA	3	PA	3	67		
A3	Antes	E	1	E	1	B	0	0	1	5
	Depois	E	2	E	2	A	0	33		
A4	Antes	E	2	E	2	E	2	0	1	3
	Depois	A	4	PA	4	E	3	50		
A5	Antes	E	5	E	5	B	0	0	1	4
	Depois	E	5	PA	5	E	4	17		
A6	Antes	E	1	E	3	B	1	0	1	5
	Depois	E	4	E	5	A	5	33		
A7										
A8	Antes	E	2	E	2	E	0	0	1	3
	Depois	A	3	A	3	PA	0	83		
A9	Antes	E	2	E	3	B	0	0	1	4
	Depois	A	3	E	3	PA	4	50		
A10	Antes	E	3	E	3	B	0	0	2	4
	Depois	A	4	E	4	A	4	67		
A11	Antes	A	2	E	2	A	2	67	2	3
	Depois	A	3	PA	3	A	3	83		
A12	Antes	A	1	E	1	B	0	33	1	5
	Depois	A	4	E	3	PA	4	50		
A13	Antes	E	2	E	1	B	0	0	1	4
	Depois	E	5	E	4	PA	4	17		
A14	Antes	A	2	E	1	B	1	33	1	5
	Depois	A	5	PA	5	A	5	83		

Q1: Questão 1; **Q2:** Questão 2; **Q3:** Questão 3; **P1:** Pergunta 1; **P2:** Pergunta 2; **GS:** Grau de segurança; **ID:** Índice de desempenho; **A:** Resposta adequada; **PC:** Resposta parcialmente adequada; **E:** Resposta equivocada; **B:** Branco.

Tabela AJ2: Tabulação das respostas apresentadas pelos alunos no questionário intermediário II

<i>Aluno</i>		Q1	GS	Q2	GS	ID	P1	P2
A1								
A2	Antes	A	2	A	4	100		
	Depois	A	3	A	4	100	2	4
A3	Antes	A	2	B	1	50		
	Depois	E	2	A	2	50	1	3
A4	Antes	A	5	PA	4	75		
	Depois	A	0	A	5	100	4	5
A5	Antes	A	3	A	2	100		
	Depois	E	4	A	5	50	2	4
A6	Antes	E	4	PA	0	25		
	Depois	A	4	A	4	100	1	5
A7	Antes	A	3	A	3	100		
	Depois	A	3	A	3	100	3	4
A8	Antes	A	3	E	3	50		
	Depois	A	5	E	5	50	3	5
A9	Antes	A	3	PA	1	75		
	Depois	A	5	PA	1	75	2	-
A10	Antes	A	3	A	3	100		
	Depois	A	4	A	4	100	3	4
A11								
A12	Antes	A	2	A	3	100		
	Depois	E	3	PA	4	25	1	4
A13								
A14	Antes	E	4	A	4	50		
	Depois	A	5	A	5	100	4	-

Q1: Questão 1; **Q2:** Questão 2; **P1:** Pergunta 1; **P2:** Pergunta 2; **GS:** Grau de segurança; **ID:** Índice de desempenho; **A:** Resposta adequada; **PA:** Resposta parcialmente adequada; **E:** Resposta equivocada; **B:** Branco.

APÊNDICES

Tabela AJ3: Tabulação das respostas apresentadas pelos alunos no questionário intermediário III

Aluno		Q1	GS	Q2	GS	Q3	GS	ID	P1	P2
A1	Antes	E	1	PA	1	E	1	33	1	3
	Depois	PA	3	PA	3	PA	3	50		
A2	Antes	PA	1	E	1	PA	1	33	1	4
	Depois	A	3	A	4	PA	4	83		
A3	Antes	E	1	B	1	B	1	0	1	-
	Depois	A	2	A	1	PA	2	83		
A4	Antes	PA	2	PA	2	PA	2	50	2	4
	Depois	A	0	PA	4	A	4	83		
A5	Antes	B	1	PA	1	PA	5	33	3	4
	Depois	B	1	A	4	PA	5	50		
A6	Antes	E	0	PA	4	E	4	17	2	-
	Depois	PA	4	PA	4	E	4	33		
A7	Antes	A	0	A	0	A	0	100	3	4
	Depois	A	0	A	3	A	3	100		
A8	Antes	PA	1	PA	2	PA	1	50	1	3
	Depois	PA	4	A	4	PA	4	67		
A9	Antes	PA	2	PA	4	PA	3	50	2	3
	Depois	PA	2	PA	4	A	4	67		
A10	Antes	A	2	A	2	PA	1	83	2	3
	Depois	A	3	A	3	A	3	100		
A11	Antes	PA	1	PA	2	E	3	33	-	-
	Depois	A	3	PA	3	PA	2	67		
A12	Antes	PA	2	PA	1	PA	1	50	2	-
	Depois	A	3	PA	3	A	3	83		
A13										
A14	Antes	A	1	PA	1	PA	1	67	1	5
	Depois	A	5	A	5	A	5	100		

Q1: Questão 1; Q2: Questão 2; Q3: Questão 3; P1: Pergunta 1; P2: Pergunta 2; GS: Grau de segurança; ID: Índice de desempenho; A: Resposta adequada; PA: Resposta parcialmente adequada; E: Resposta equivocada; B: Branco.

Tabela AJ4: Tabulação das respostas apresentadas pelos alunos no questionário intermediário IV

Aluno		Q1	GS	Q2	GS	Q3	GS	ID	P1	P2
A1	Antes	PA	2	E	1	PA	1	33	1	3
	Depois	PA	3	A	0	A	3	83		
A2	Antes	PA	1	A	1	A	2	83	1	3
	Depois	A	3	A	3	A	3	100		
A3	Antes	B	1	A	1	PA	1	50	1	3
	Depois	E	3	A	0	PA	2	50		
A4	Antes	PA	2	A	2	A	3	83	2	4
	Depois	E	4	A	4	A	4	67		
A5	Antes	PA	3	A	3	A	5	83	2	5
	Depois	A	5	A	5	A	5	100		
A6										
A7	Antes	PA	2	A	3	A	4	83	3	4
	Depois	PA	2	A	0	A	0	83		
A8	Antes	PA	2	A	2	A	3	83	-	-
	Depois	A	3	A	3	A	3	100		
A9	Antes	B	0	A	4	A	4	67	3	-
	Depois	B	1	A	5	A	5	67		
A10										
A11	Antes	A	2	A	4	A	4	100	4	-
	Depois	A	4	A	4	A	5	100		
A12	Antes	PA	3	PA	4	PA	3	50	1	-
	Depois	PA	3	PA	3	PA	3	50		
A13	Antes	PA	2	E	1	A	2	50	1	4
	Depois	PA	4	E	1	A	4	50		
A14	Antes	PA	2	A	3	A	3	83	3	5
	Depois	PA	5	A	5	A	5	83		

Q1: Questão 1; **Q2:** Questão 2; **Q3:** Questão 3; **P1:** Pergunta 1; **P2:** Pergunta 2; **GS:** Grau de segurança; **ID:** Índice de desempenho; **A:** Resposta adequada; **PA:** Resposta parcialmente adequada; **E:** Resposta equivocada; **B:** Branco.

APÊNDICES

Tabela AJ5: Tabulação das respostas apresentadas pelos alunos no questionário intermediário V

Aluno		Q1	GS	Q2	GS	Q3	GS	ID	P1	P2
A1										
A2	Antes	A	1	A	1	E	1	67	1	-
	Depois	A	2	A	2	PA	3	83		
A3										
A4	Antes	A	4	E	3	PA	2	50	2	4
	Depois	A	0	E	3	PA	4	50		
A5	Antes	A	2	E	1	PA	2	50	1	4
	Depois	A	5	E	3	PA	4	50		
A6	Antes	A	4	E	1	E	1	33	2	4
	Depois	A	5	E	0	PA	4	50		
A7	Antes	A	2	E	2	B	2	33	2	2
	Depois	A	0	E	0	PA	3	50		
A8										
A9	Antes	A	4	E	2	B	0	33	3	4
	Depois	A	4	E	3	PA	4	50		
A10	Antes	A	4	A	1	B	1	67	2	3
	Depois	A	4	A	1	A	3	100		
A11	Antes	A	5	E	4	B	4	33	-	-
	Depois	A	5	E	4	A	5	67		
A12	Antes	A	5	B	0	B	0	33	1	-
	Depois	A	5	E	3	PA	0	50		
A13										
A14	Antes	A	4	E	1	PA	1	50	2	-
	Depois	A	5	E	1	PA	1	50		

Q1: Questão 1; **Q2:** Questão 2; **Q3:** Questão 3; **P1:** Pergunta 1; **P2:** Pergunta 2; **GS:** Grau de segurança; **ID:** Índice de desempenho; **A:** Resposta adequada; **PA:** Resposta parcialmente adequada; **E:** Resposta equivocada; **B:** Branco.

Tabela AJ6: Tabulação das respostas apresentadas pelos alunos no questionário intermediário VI

Aluno		Q1	GS	Q2	GS	Q3	GS	ID	P1	P2
A1										
A2	Antes Depois	PA PA	1 3	E E	1 3	PA PA	1 3	33 33	1	3
A3										
A4	Antes Depois	A A	3 3	A E	3 0	B PA	0 3	67 50	3	4
A5										
A6	Antes Depois	A A	2 0	PA PA	2 4	B PA	0 4	50 67	1	4
A7	Antes Depois	PA PA	3 4	PA PA	4 4	PA PA	3 4	50 50	4	4
A8										
A9	Antes Depois	PA A	3 4	E PA	2 2	PA PA	1 3	33 67	2	4
A10										
A11	Antes Depois	PA PA	5 5	PA PA	4 4	PA PA	3 5	50 50	4	5
A12	Antes Depois	A A	2 4	PA PA	2 4	PA PA	2 4	67 67	1	4
A13	Antes Depois	A A	4 4	A A	3 4	PA PA	3 5	83 83	1	4
A14	Antes Depois	A A	3 5	A A	3 5	A A	4 5	100 100	4	5

Q1: Questão 1; **Q2:** Questão 2; **Q3:** Questão 3; **P1:** Pergunta 1; **P2:** Pergunta 2; **GS:** Grau de segurança; **ID:** Índice de desempenho; **A:** Resposta adequada; **PA:** Resposta parcialmente adequada; **E:** Resposta equivocada; **B:** Branco.

Aluno	Q 8																Q9				Q 14																					
	Q1	GS	Q2	GS	Q3	GS	Q 4	GS	Q 5	GS	Q6	GS	Q7	GS	Q 8				Q9				Q 10	GS	Q11	GS	Q12	GS	Q13	GS	Q 14				Q 15	GS	Q16	GS				
															a	GS	b	GS	a	GS	b	GS									a	GS	b	GS					c	GS	d	GS
1	C	1	R	1	R	2	C	1	R	2	R	1	I	1	R	1	C	1	R	1	R	1	I	1	C	1	B	1	C	1	I	1	I	1	R	1	I	1	R	1	C	1
2	R	4	R	4	I	2	R	3	R	3	R	3	R	0	R	3	R	3	R	3	R	3	R	3	R	3	R	3	C	3	R	3	I	3	C	3	R	3	R	3	R	0
3																																										
4	R	4	R	3	R	3	R	3	R	4	R	2	R	2	R	3	R	4	R	1	R	1	C	2	C	1	R	4	R	1	R	4	R	5	R	4	R	3	R	3	C	3
5																																										
6	C	0	R	0	R	0	B	0	C	0	R	0	I	0	R	0	R	0	B	0	B	0	C	0	B	0	I	0	R	0	B	0	B	0	B	0	B	0	R	0	C	0
7	R	4	B	3	R	3	R	4	R	0	R	4	R	4	R	4	R	3	R	3	R	4	C	3	R	4	R	3	R	3	R	0	R	3	R	2	R	3	R	3	R	4
8	R	2	I	2	C	2	R	3	I	2	R	3	R	3	R	2	R	2	R	3	R	2	C	3	C	1	R	1	B	0	B	0	B	0	B	0	B	0	I	2	B	0
9	R	5	I	3	R	3	R	3	R	5	R	5	R	5	R	5	R	5	R	5	R	5	R	4	B	0	B	0	R	2	R	3	B	0	B	0	B	0	R	4	R	4
10																																										
11	R	4	I	4	I	4	C	1	R	4	R	4	R	4	C	2	C	2	R	3	R	3	C	2	R	2	R	2	R	4	R	3	I	3	R	3	R	4	C	2	C	1
12	R	4	I	4	I	0	R	4	R	3	R	4	R	4	R	3	B	0	R	2	R	0	C	0	R	0	R	0	R	0	C	0	R	0	I	0	R	0	R	0	C	0
13	R	4	R	2	R	4	B	0	R	4	R	5	R	5	R	4	R	4	R	4	R	3	C	2	B	0	B	0	R	2	R	4	R	4	I	2	C	3	R	4	I	3
14	R	3	R	5	R	3	R	5	R	5	R	5	R	4	R	5	R	5	R	5	R	5	R	5	R	4	R	3	R	4	R	5	R	5	R	4	R	4	R	5	R	5

APÊNDICE L – Produto da dissertação



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

www.ensinodefisica.ufes.br

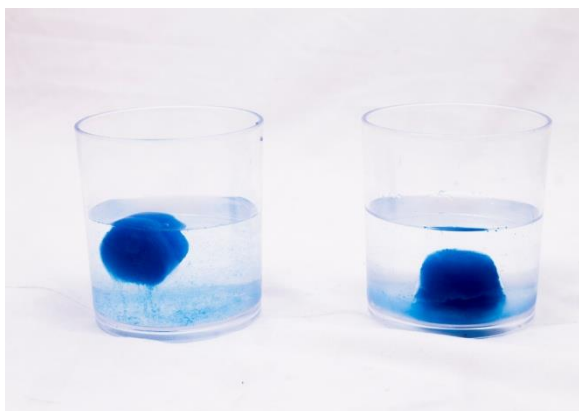
<http://www.sbfisica.org.br/~mnpef/>

ALINE COSTALONGA GAMA
JOÃO PAULO CASARO ERTHAL

**O ENSINO DE FÍSICA NA EJA: UMA PROPOSTA COM FOCO NA UTILIZAÇÃO
DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS DEMONSTRATIVAS – UM EXEMPLO NO
ESTUDO DA HIDROSTÁTICA**

Vitória – ES
Novembro - 2015

Hidrostatica



Sumário

Apresentação	4
Introdução ao estudo da Hidrostática	8
Densidade, massa específica e densidade relativa	10
Atividades Experimentais Demonstrativas	22
Lista de exercícios – Densidade e massa específica	34
Pressão	36
Atividades Experimentais Demonstrativas	41
Lista de Exercícios – Pressão	45
Pressão atmosférica	48
Atividades Experimentais Demonstrativas	57
Lista de exercícios - Pressão atmosférica	66
Lei de Stevin: Variação da pressão com a profundidade	69
Atividades Experimentais Demonstrativas	82
Lista de exercícios - Lei de Stevin e Vasos Comunicantes	96
Princípio de Pascal	102
Atividades Experimentais Demonstrativas	105
Lista de exercícios - Princípio de Pascal	111
Princípio de Arquimedes	113
Atividades Experimentais Demonstrativas	119
Lista de exercícios - Princípio de Arquimedes	127
Referências utilizadas como aporte teórico para escrita desse produto	131

Apresentação

Apresentamos neste trabalho o produto referente à conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física, ofertado pela Sociedade Brasileira de Física em parceria com a Universidade Federal do Espírito Santo – MNPEF – Polo 12 - Ufes.

Esse material foi elaborado pensando no ensino de Física voltado para Educação de Jovens e Adultos (EJA) e possui como aporte teórico as premissas da aprendizagem significativa desenvolvida por Ausubel e seus colaboradores e a educação dialógica e emancipatória defendida por Paulo Freire.

A aprendizagem pode ser descrita como um processo através do qual adquirimos conhecimentos, desenvolvemos competências e habilidades e modificamos nossa forma de pensar, de ser e de agir. Ela incide sobre três domínios: cognitivo (conceitual) correspondente ao saber-saber, psicomotor (procedimental) relacionado ao saber-fazer e socioafetivo (atitudinal) relativo ao saber - ser.

Em 1963 o cognitivista David Ausubel apresentou sua Teoria da Assimilação, explicando a forma como se relacionam de modo seletivo, na fase da aprendizagem, as novas ideias potencialmente significativas com as ideias relevantes existentes (ancoradas) na estrutura cognitiva, introduzindo os conceitos de aprendizagem significativa e aprendizagem mecânica. A chamada aprendizagem significativa consiste de uma interação entre os aspectos específicos e relevantes já existentes na estrutura cognitiva e as novas informações, por meio da quais essas adquirem significados e são integradas à estrutura cognitiva. Nessa aprendizagem, os conceitos vão sendo reelaborados, tornando-se mais abrangentes e refinados sendo que o conhecimento prévio do sujeito é fundamental e determinante para a ocorrência dessa aprendizagem.

Já na aprendizagem mecânica, as novas informações são interiorizadas “ao pé da letra” como transmitido e não interagem com conceitos relevantes existentes na estrutura cognitiva. O aprendiz limita-se a replicar as informações, mas é incapaz de incorporar novos exemplos além dos que lhe foi dito. Cabe ressaltar que quando um indivíduo adquire informações numa área completamente nova, é natural que ocorra a aprendizagem mecânica dos conceitos, sendo necessário a formação, a partir desses conceitos, de elementos na estrutura cognitiva que possam servir de âncora para a assimilação de novos conceitos.

Ausubel estabelece os princípios da **diferenciação progressiva**, da **reconciliação integradora** e da **consolidação do conhecimento** como fundamentais para a ocorrência da aprendizagem significativa. Diferenciar progressivamente consiste em tomarmos como partida as ideias mais gerais e, progressivamente, diferenciá-las com detalhe e especificidade. A reconciliação integrativa, ou integradora, estabelece as relações entre os diferentes conteúdos apresentados, mostrando as interligações entre eles. Consolidar o conhecimento corresponde a buscarmos garantir a aprendizagem do conceito trabalhado antes da introdução de um novo conteúdo.

Seguindo para uma abordagem humanista, Paulo Freire aponta a necessidade de um ensino crítico e voltado para a realidade do educando. Esse grande educador e pesquisador, estabelece que a EJA delimita cuidados e procedimentos diferenciados pois, muito mais significativo que nas crianças, percebemos em seus sujeitos uma ampla bagagem histórica, social e cultural. Muito dos conhecimentos prévios apresentados por esses alunos possui relações com concepções espontâneas e essas, por sua vez, apresentam-se antagônicas às concepções cientificamente aceitas. Esses estudantes apresentam histórico escolar muitas vezes marcado por evasões e/ou reprovações e podem pensar que não são capazes de adquirir novos conhecimentos quando tem experiências de aprendizagem frustrantes em sala de aula.

Seguindo os princípios pedagógicos de Freire (2011, 2013) e metodológicos de Ausubel (2003), estabelecemos para o ensino de Física na EJA uma proposta cíclica composta por três etapas: a primeira conceitual, a segunda experimental e a terceira de síntese dos conhecimentos.

A etapa conceitual é sempre iniciada com a apresentação de algum organizador prévio (vídeo, texto, demonstração experimental ou situação-problema). A função desse organizador é apresentar algo familiar ao aluno e tem como objetivo atuar como uma ponte entre o que o aluno sabe com o que desejamos ensinar. Esse organizador possui a função de favorecer o diálogo entre educador e educandos pois, além de permitir ao professor acessar os conhecimentos dos alunos sobre o assunto em questão, possibilita também que a intervenção parta desse conhecimento para assim buscar a apropriação dos novos conceitos.

Na segunda etapa, conduzida pelo aluno, ocorrem as apresentações das Atividades Experimentais Demonstrativas (AED). O uso de experimentação como estratégia de

ensino de Física tem sido alvo de inúmeras pesquisas educacionais e a forma como a experimentação é utilizada difere uma da outra dependendo do objetivo que se pretende atingir com o experimento. Propomos essas atividades sendo realizadas e apresentadas pelo aluno, de modo individual, defendemos que a apresentação da atividade permite ao professor avaliar o processo de aprendizagem e possibilita, caso necessário, a sua intervenção no processo de ensino. Essas atividades são propostas também como forma de ampliar o diálogo entre professor e aluno, aumentar a participação do aluno no processo de ensino, avaliar compartilhamento de significados e potencializar a consolidação da aprendizagem dos conceitos estudados, potencializando assim o êxito da aprendizagem sequencialmente organizada.

Na escolha, na organização das sequências e na ordem de apresentação dos experimentos levamos em consideração a diferenciação progressiva, a reconciliação integradora e a consolidação da aprendizagem.

A terceira etapa volta a ser conduzida pelo professor. A finalização do ciclo ocorre com a resolução de exercícios, que foram cuidadosamente selecionados pelo professor, possibilitando a aplicação dos conceitos estudados por meio de novas situações. Na sequência, discutem-se os experimentos realizados e as questões abordadas nas AED.

A título de exemplo, apresentamos nesse produto o material utilizado na abordagem de conteúdo da Hidrostática, que foi estruturada em seis ciclos. Elaboramos esse material com exemplos e aplicações relacionados a situações concretas do dia-a-dia do estudante e linguagem acessível aos alunos da EJA. A recursividade é também uma das características desse material, sendo possível perceber a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora entre os diversos ciclos e na sequência das Atividades Experimentais Demonstrativas.

Procuramos enfatizar a Física conceitual acreditando que a excessiva matematização com que é abordada a Física, em todos os níveis de ensino, pouco tem contribuído para a aprendizagem significativa dessa disciplina e, em especial na EJA, têm afastado o aluno do estudo dessa Ciência. Pensando em um material consonante com as necessidades dos sujeitos da EJA, defendemos que o domínio dos conceitos é fundamental para a compreensão de situações cotidianas cuja solução demanda conhecimentos relacionados à Física.

Apropriando-se dos ensinamentos de Paulo Freire de que, mudar é difícil, mas é possível e de que ensinar não é transferir conhecimento ao educando, mas sim provocar a curiosidade, a tal ponto que ele se transforme em sujeito da produção do conhecimento que lhe é ensinado, defendemos um olhar diferenciado para a EJA, sempre apoiados nas premissas de que ensinar exige sensibilidade e querer bem aos educandos.

Nesse produto incluímos sugestões para o professor, que aparecem ao longo do texto de modo destacado, buscando orientar a aplicação dessa proposta de ensino e ampliar as possibilidades de utilização desse material. Conscientes de que as dificuldades encontradas no ensino da Física na EJA são também recorrentes em diversas modalidades e etapas escolar, desejamos que esse material possa também ser utilizado por professores que lecionam em outras modalidades de ensino e que nosso trabalho lhes seja útil e proveitoso.



Aqui iniciamos a primeira etapa do primeiro ciclo.

Tempo previsto para aplicação: duas horas-aula.

Introdução ao estudo da Hidrostática



Seguindo os princípios Ausubelianos, neste texto apresentamos o conceito mais abrangente desse estudo e, na sequência, partimos para conceitos mais específicos. Assumimos que em determinados momentos fomos subversivos e transgredimos a hierarquia conceitual tornando a abordagem mais ressonante a EJA. No final dessa introdução apresentamos uma situação que só será respondida no sexto ciclo. Buscamos com isso aguçar a curiosidade e motivar o aluno para o estudo em questão, bem como, apontar o processo histórico envolvido no desenvolvimento desse tema.

Vamos iniciar nosso estudo buscando compreender quais serão nossos objetos de investigação no ramo da Física denominado de Hidrostática. O prefixo *hidro* vem do grego e significa água e *estática*, palavra também de origem grega, se refere aos corpos rígidos em equilíbrio (repouso). Dessa forma, **hidrostática** seria o estudo da água em equilíbrio, entretanto, o termo é usado genericamente para o estudo de qualquer fluido em equilíbrio. Entende-se por fluido qualquer substância que possa escoar. Os fluidos se moldam aos contornos de qualquer recipiente onde os colocamos, sendo, portanto, o termo fluido utilizado para designar líquidos e gases. Ao serem confinados, os fluidos reagem aos esforços que as paredes dos recipientes exercem sobre ele, obrigando-o a assumir a mesma forma delas; essa reação sobre as paredes do recipiente se traduz pela **pressão** exercida pelo fluido. A pressão será um dos principais conceitos que abordaremos em nosso estudo. Em alguns livros, você encontrará esse ramo da Física sendo denominada de **Estática dos Fluidos**.

Fluidos são substâncias fundamentais em nossas vidas: o ar que respiramos, a água que bebemos, o sangue que circula em nosso corpo são fluidos imprescindíveis para a manutenção da vida e da nossa saúde. Por outro lado, os fluidos também são parte importante na tecnologia que nos proporciona conforto: veículos, máquinas em geral, usinas hidroelétricas, refrigeradores, condicionados de ar operam com diversos fluidos. Durante milhões de anos, a ação dos ventos e da água, a abrasão

e a erosão modificaram e moldaram a paisagem da superfície terrestre. Os fluidos modificam o ambiente em que atuam.

No estudo que realizaremos sobre as forças que os fluidos exercem sobre os corpos, vamos considerar que as forças se estendem por toda a superfície de contato dos corpos. As intensidades dessas forças, por unidade de área, dão origem a uma grandeza física que denominamos **pressão**. **Empuxo**, **densidade** e **massa específica** são exemplos de outras grandezas que serão foco de nossa atenção na Hidrostática.

Um personagem muito importante no estudo da Hidrostática foi Arquimedes. Grande cientista e inventor, Arquimedes viveu no século III antes de Cristo, na cidade de Siracusa, colônia grega situada na Sicília, no sul da Itália. Arquimedes tornou-se muito popular em sua época devido as suas engenhosas invenções. Uma das histórias mais conhecidas sobre os trabalhos de Arquimedes refere-se ao problema da coroa do rei Hieron II. Segundo contam, o rei havia prometido aos deuses, que o protegeram em suas conquistas, uma coroa de ouro. Para a confecção da coroa, o rei entregou certa massa de ouro a um ourives para que este confeccionasse a coroa. Quando recebeu a encomenda, cuja massa era igual à de ouro que havia fornecido, suspeitou que parte do ouro tivesse sido substituído por outro metal de menor valor. O rei encarregou Arquimedes de investigar se a coroa recebida era, de fato, confeccionada apenas de ouro. Arquimedes percebeu que poderia resolver o problema enquanto tomava banho, em um banheiro público, observando a elevação da água à medida que mergulhava seu corpo na banheira. Conta-se que saiu correndo para casa, completamente nu e gritando a palavra grega que se tornou famosa: Eureka! Eureka! (Descobri! Descobri!)

Como Arquimedes conseguiu resolver essa questão, não vamos responder agora. Essa e outras questões, bem como a apresentação de novos personagens que apresentaram destaques relacionados a esse tema, serão apresentadas ao longo do nosso estudo sobre a Hidrostática ou Estática dos Fluidos se assim preferir denominar.

Densidade, massa específica e densidade relativa.

Para direcionarmos nosso estudo aos primeiros conceitos que abordaremos, reflita sobre as seguintes situações:

(1) ao final de uma peça de teatro, um telespectador fica surpreso ao ver um funcionário carregar uma grande rocha do cenário com apenas uma das mãos. Como isso é possível?

(2) o que pesa mais: 1 kg de algodão ou 1 kg de ferro?

Será recorrente esse tipo de questionamento ao longo do texto. Sugerimos que essas perguntas sejam realizadas pelo professor buscando a interação com os estudantes. O professor não deve respondê-las e sim conduzir o processo em busca de uma resposta consensual dos alunos. Através dessas questões os novos conceitos deverão ser introduzidos.



Em particular, as duas questões acima poderão ser abordadas como organizador prévio, interligando o que os alunos sabem e o conhecimento que deseja ensinar. Em nosso estudo, como possuíamos mercúrio, realizamos uma atividade investigativa com esse líquido como organizador prévio. Pegamos um recipiente, vedado e opaco, com mercúrio dentro. Permitimos que todos os alunos manipulassem esse frasco e solicitamos que respondessem se o recipiente estava “quase cheio”, “pela metade” ou “quase vazio”. Após todos responderem, questionamos o que haveria dentro do recipiente. Após o debate, transferimos o mercúrio para uma proveta e, em outra idêntica, colocamos um volume equivalente ao mercúrio em água. Cuidadosamente fizemos com que todos os alunos pegassem os dois recipientes e produzimos novas discussões a partir dessa atividade explorando o conceito de densidade absoluta.

Para o caso do PESO do ferro e do PESO do algodão, retomaremos esse questionamento no sexto ciclo, quando abordamos o conceito de empuxo.

As respostas aos questionamentos acima estão relacionadas ao conceito de densidade, o qual será abordado nessa etapa de nosso estudo.

Você já observou que alguns corpos flutuam na água, enquanto outros afundam? A prancha de *surf* afunda ou flutua na água?

Existe um modo de saber se o objeto vai afundar ou flutuar, quando colocado na superfície de um recipiente com líquido. A flutuabilidade dos corpos (que podem ser constituídos de um ou mais materiais e serem maciços ou ocos) está relacionada a

uma propriedade que representa a maneira como a massa desse corpo está distribuída. Essa propriedade é denominada de **densidade volumétrica média** ou simplesmente **densidade** do corpo.

Retomemos a primeira situação abordada acima: ao final de uma peça de teatro, um telespectador fica surpreso ao ver um funcionário carregar uma grande rocha do cenário com apenas uma das mãos. A pedra cenográfica possui o mesmo formato (volume) que uma pedra verdadeira, entretanto, de sua experiência cotidiana você responderá que essa pedra é “mais leve” e a pedra de verdade é “mais pesada”. Apesar das duas possuírem o mesmo volume elas possuem massas diferentes. Dizemos então que, embora elas possuam o mesmo volume, elas possuem **densidades** diferentes. Na segunda situação, o que pesa mais: 1 kg de algodão ou 1 kg de ferro, a pergunta induz a achar que a resposta é 1 kg de ferro, porém, os dois possuem a mesma massa (1 kg). Para que tenhamos a mesma massa desses dois materiais será necessário um volume grande de algodão e um pedaço pequeno de ferro. Isso significa que eles terão a mesma massa, mas volumes diferentes. O ferro é o mais **denso**, sendo necessário um maior volume de algodão para obtermos o correspondente a 1 kg, enquanto precisamos de um pedaço pequeno de ferro para corresponder à mesma massa. Então, um objeto mais denso tem maior massa em um determinado volume enquanto que um objeto menos denso tem menor massa para o mesmo volume em questão.

Densidade é a grandeza que dá a medida da distribuição da massa (m) de um **corpo** num determinado volume (V). A densidade (d) é a **característica de um corpo**, independente dos objetos serem ocos ou maciços. Define-se densidade pela razão entre a massa e o volume ocupado por um corpo:

$$d = \frac{m}{V}$$

Quanto maior essa razão, maior a massa contida num determinado volume, portanto maior a densidade do objeto. As unidades da densidade (d) de um corpo são obtidas pelo quociente da unidade de massa pela unidade de volume. No SI (Sistema Internacional de Unidades), a massa é medida em kg e o volume, em m^3 , de modo que a densidade é medida em kg/m^3 . Entretanto, é muito comum utilizarmos g/cm^3 e kg/ℓ como unidades de medida dessa grandeza.

Para o cálculo da densidade, não nos preocupamos com a composição química, com o fato de o corpo ser homogêneo ou não, e ainda, se é maciço ou não. Apenas precisamos saber qual é a massa e qual é o volume dele.

A pressão e a temperatura constantes, uma **substância** pura tem **massa específica** ou **densidade absoluta**. A massa específica é uma **característica da substância** que constitui o corpo e está relacionada ao grau de concentração de matéria por unidade de volume. Podemos obtê-la pelo quociente entre a massa (m) e o volume (V), quando estivermos tratando de fluidos e substâncias. A massa específica é a massa de substância que ocupa uma unidade de volume e pode ser calculada da seguinte forma:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

Do mesmo modo que a densidade, obteremos a unidade da massa específica pelo quociente da unidade de massa pela unidade de volume. No SI, a massa é medida em kg e o volume em m^3 , de modo que a massa específica ou densidade absoluta é medida em kg/m^3 . Entretanto, utiliza-se com muita frequência o g/cm^3 e o kg/ℓ como unidade usual. A relação entre elas é:

$$1 \, g/cm^3 = 1 \, kg/\ell$$

$$1 \, g/cm^3 = 1000 \, kg/m^3$$

Densidade (d) e massa específica (ρ) são grandezas físicas diferentes. Você deve ter observado que podemos obter as duas grandezas utilizando fórmulas idênticas, porém, só teremos a densidade absoluta ou massa específica se o corpo em questão for maciço e homogêneo, de outra forma, o que estaremos obtendo é uma característica do corpo chamada **densidade**. Quando um corpo tiver, na sua composição, vários materiais diferentes ou um único material contendo orifícios ou se apresentar oco, definimos, como já mencionado, uma **densidade volumétrica média** (ou **densidade do corpo**) para ele. Tal densidade é uma medida da contribuição das massas específicas de todos os materiais, ponderadas sobre o

volume ocupado pelo corpo ou da distribuição da massa em um determinado volume.

Por exemplo, a densidade de uma esfera maciça de chumbo é de $11,3 \text{ g/cm}^3$ e coincide com sua massa específica. Já a densidade de uma esfera oca de chumbo, de mesmo raio, é menor que $11,3 \text{ g/cm}^3$, pois tem o mesmo volume, porém menor massa.

A massa específica está relacionada à proximidade das moléculas das substâncias. Se compararmos as moléculas da água veremos que estão mais unidas (mais concentradas) do que as moléculas do óleo. Então, pode-se dizer que a massa específica da água é maior que a massa específica do óleo. Como estamos trabalhando com um fluido homogêneo, podemos falar também que a água é mais densa que o óleo porque suas moléculas estão mais unidas e assim há uma quantidade maior de moléculas de água, se comparadas num mesmo volume. Nesse caso, o termo densidade e massa específica podem ser empregados, pois a densidade da água é igual a massa específica da água.

Podemos resumir da seguinte forma: massa específica ou densidade absoluta é uma característica da substância que compõe o corpo e a densidade é uma característica do corpo.

Para corpos maciços e homogêneos o valor da densidade coincide com o valor da massa específica da substância pura da qual são constituídos. Para amostras de líquidos e gases, a massa específica e a densidade são tipicamente equivalentes. No uso “cotidiano” é muito mais comum o termo “densidade”, mesmo quando se trata de massa específica. Nesses casos é preciso analisar o contexto para que erros conceituais não sejam cometidos. Para corpos não maciços ou não homogêneos esses valores não são iguais, portanto devemos sempre nos referir ao termo densidade.

Na tabela a seguir, observe que os gases possuem massa específica bem pequena enquanto que os sólidos apresentam massa específica mais elevada. A título de exemplo, a densidade volumétrica do sangue humano é de $1,04 \text{ Kg/l}$. O sangue é composto de diversas substâncias (gases, gordura, água, proteína, glicose e sais minerais). Comparando a massa específica das demais substâncias, a densidade do

sangue é muito próxima do valor da massa específica da água, de modo concluirmos que a participação da água na composição do sangue é muito expressiva.

Tabela 1: Massa específica de algumas substâncias.

Substância ⁹		Massa específica (g/cm ³)
Gases	Ar (0°C, 1atm)	0,00129
	Hidrogênio (0°C, 1atm)	0,000090
	Oxigênio (0°C)	0,0014
Líquidos	Acetona (25°C)	0,78
	Água (4°C, 1atm)	1,00
	Água do mar	1,03
	Álcool etílico (0°C)	0,79
	Azeite de oliva (15°C)	0,92
	Éter (25°C)	0,72
	Gasolina (15°C)	0,74
	Glicerina (0°C)	1,26
	Mercúrio (0°C)	13,58
	Petróleo	0,85
	Querosene (15°C)	0,82
Sólidos	Aço (0°C, 1atm)	7,9
	Alumínio (0°C, 1atm)	2,7
	Chumbo	11,34
	Cobre	8,9
	Cortiça	0,24
	Ferro (0°C, 1atm)	7,9
	Gelo (0°C)	0,92
	Ouro	19,28
	Platina	21,46
	Prata (0°C, 1atm)	10,9
	Vidro (0°C, 1atm)	2,4 – 2,8

⁹ O número de algarismos significativos é variável de acordo com as fontes de onde foram obtidos. A diferença de temperatura é necessária, pois a densidade de um material varia com a temperatura. A especificação da pressão é necessária, pois a densidade de um material depende da pressão (essa dependência é mais significativa nos gases). Optamos por classificar o vidro na categoria sólido.



Sugerimos a discussão dos valores apresentados na tabela. O professor pode abordar os seguintes questionamentos: Por que os sólidos são mais densos que os líquidos? Por que a água salgada é mais densa que a água pura?

A **densidade relativa** é uma forma de se comparar quantas vezes uma substância é mais densa que a outra. Por definição, chama-se densidade de uma substância A relativa à outra B o quociente das respectivas massas específicas das substâncias A e B, quando à mesma temperatura e pressão:

$$d_{A,B} = \frac{\rho_A}{\rho_B}$$

A densidade relativa, por ser definida pelo quociente de grandezas de mesma espécie, é uma quantidade adimensional, não apresentando unidade de medida.



Sugerimos a utilização de simulações computacionais como estratégia de diversificação das estratégias de ensino buscando potencializar a aprendizagem significativa. Para o conteúdo em questão, uma possibilidade é a simulação sobre densidade dos corpos do Software PhET Simulations de acesso gratuito e disponível em: http://phet.colorado.edu/sims/density-and-buoyancy/density_pt_BR.html

Densidade e combustíveis

A qualidade dos combustíveis utilizados nos abastecimentos dos veículos é uma preocupação frequente dos proprietários e usuários de automóveis. Combustíveis adulterados podem causar danos nas peças dos veículos, além do mau funcionamento dos mesmos. A fim de evitar fraudes, densímetros são obrigatórios nos postos de combustível, devendo ser acoplado um em cada bomba. A presença desse instrumento torna possível verificar, através da densidade, se há adulteração no combustível. A título de exemplo, a quantidade de água misturada ao álcool não pode ultrapassar 5% da solução. É possível verificar através do densímetro se álcool

apresenta mais água que o permitido, pois ao se adicionar água ao álcool sua densidade é alterada (a densidade da mistura é maior que a densidade do álcool puro).



Figura 1: Imagem de um densímetro em uma bomba de um posto de combustível.

Densímetros são tubos fechados de vidro, com uma parte fina graduada e outra larga na qual se colocam objetos, como chumbo de pesca, por exemplo, que fazem os aparatos afundarem parcialmente quando imersos em líquidos. Colocando o densímetro imerso em um líquido qualquer, na parte graduada, é possível medir a densidade de um líquido pelo nível da superfície. Na imagem a seguir, observe a foto de um densímetro e do mesmo imerso em um líquido.

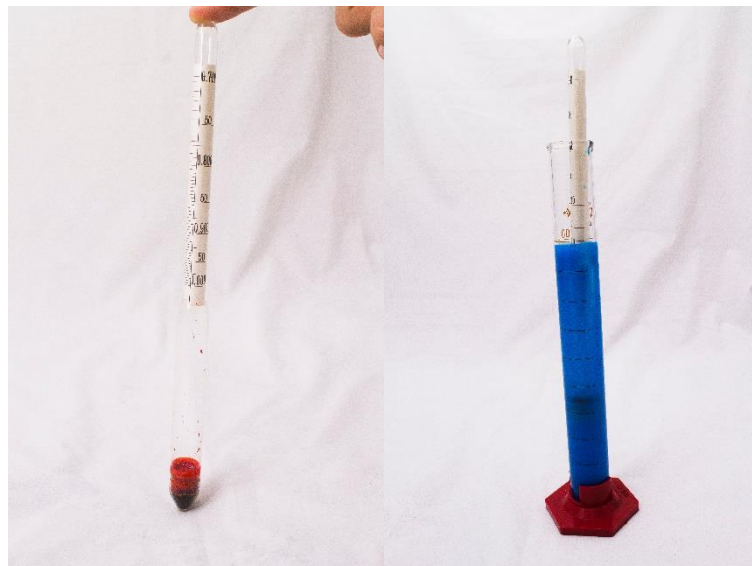


Figura 2: (Esquerda) Imagem de um densímetro. (Direita) Densímetro imerso em um líquido.

Sugerimos a leitura do texto: A densidade e a evolução do densímetro (OLIVEIRA, B. M.; MELO FILHO, J. M.; AFONÇO, J. C. A densidade de a evolução do densímetro. Revista Brasileira de Ensino de Física, v 35, n1, 2013) e a construção de um densímetro de baixo custo.



Para a construção do densímetro, sugerimos o tutorial disponível no site Pontociência que pode ser acessado no seguinte endereço eletrônico: [http://www.pontociencia.org.br/experimentos-](http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=88&DENSIMETRO+DE+CANUDINHO)

interna.php?experimento=88&DENSIMETRO+DE+CANUDINHO (Acesso 29 de set. de 2014). Outra possibilidade é o material de Laburú, Domingos Júnior e Ferreira (LABURÚ, C. E.; DOMINGOS JÚNIOR, J. B.; FERREIRA, N. C. Densímetro de Baixo Custo. Física na Escola, v. 3, n. 1, 2002) que mostra como construir um densímetro de baixo custo a partir de materiais simples e sugere a realização de experimentos com substâncias facilmente encontráveis no mercado.

Natureza, formas e propriedades dos líquidos

Em alguns casos, por falta de afinidade molecular, dois ou mais líquidos podem não se misturarem, sendo esses denominados de **líquidos imiscíveis**. Agitando dois desses líquidos dentro de um mesmo recipiente observamos que depois de certo tempo haverá a separação entre eles. Nos recipientes onde colocamos dois líquidos imiscíveis observamos que o menos denso fica em cima e o mais denso embaixo. Podemos citar como exemplo de líquidos imiscíveis a água e o óleo.

Alguns líquidos tem a propriedade de, em condições de temperatura e pressão normais, passar muito rapidamente para o estado de vapor ou gás sendo esses líquidos denominados de voláteis. Os frascos que contêm **líquidos voláteis** devem ser mantidos fechados, de modo a não perder o conteúdo. Podemos citar como exemplo o álcool etílico, a acetona e o éter.

Os átomos, moléculas ou íons de uma substância no estado sólido vibram em torno de posições fixas de equilíbrio. No estado líquido, essas partículas passam a se distribuir em estruturas menos organizadas, embora se mantenham coesas em razão das forças de coesão (forças de origem eletromagnéticas exercida entre elas). Destacando o exemplo da água (H_2O), sua estrutura molecular dá origem às forças de coesão, força de atração elétrica entre essas moléculas que fazem com que elas se agreguem.

A forma de uma gota de água ou de qualquer outro líquido costuma ser desenhada (sobretudo informalmente) como mostrada na figura abaixo.



Créditos da imagem: <http://files.http-w.w.w-agr1348-cne-escutismo.w.ebnode.pt/200000034-796f27a695/gota%20de%20agua.JPG>. Acesso em: 23 set. 2014

Figura 3: Imagem da tradicional representação de uma gota d'água.

Essa representação só é correta quando ela está prestes a desprender-se do restante do líquido. Assim que adquirem velocidade constante, o que ocorre muito rápido, a gota torna-se praticamente esférica, pois a resultante das forças exercidas sobre ela é nula. Se a resultante das forças externas sobre um líquido é nula, ele assume forma esférica.

A coesão entre as moléculas é intensa o bastante para manter praticamente constante o volume de determinada massa líquida, o que significa que, embora se fragmentem com facilidade, os líquidos são quase incompressíveis. Ao contrário do que se costuma afirmar, os líquidos têm forma definida (esférica). O que faz o líquido moldar-se ao recipiente é a ação gravitacional, que não é uma propriedade específica dos líquidos. Gotas de água apoiadas em superfície que não absorvem a água – pétalas de flores, folhas, etc. - quando bem pequenas, têm forma praticamente esférica, mesmo sob a ação do campo gravitacional da Terra.



Créditos da imagem: <http://w.w.w.brasilecola.com/upload/conteudo/images/formato-esferico-da-agua.jpg>. Acesso em: 23 set. 2014.

Figura 4: Imagem de gotas d'água em uma folha.

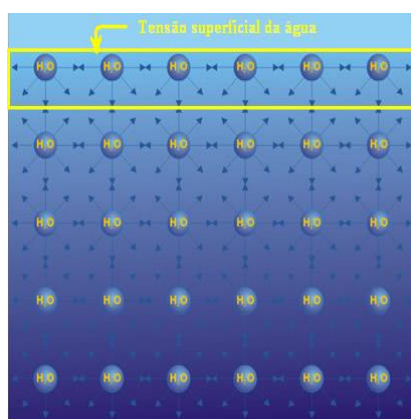
Nesse caso, as forças de coesão são suficientemente intensas para “vencer” a ação gravitacional da Terra. No entanto, à medida que a massa de água aumenta, a ação do campo gravitacional da Terra que age sobre a gota faz também o seu peso aumentar e esse tende a superar as forças de coesão e a gota de água tende a

achatar-se. Em grandes quantidades, todo líquido sob a ação da gravidade molda-se aos recipientes.



Figura 5: Imagem de um líquido em um recipiente.

A forma esférica dos líquidos demonstra a simetria das forças de coesão exercidas entre todas as partículas do líquido. Podemos concluir que a resultante das forças de coesão exercidas nas partículas localizadas no interior dos líquidos é sempre nula. No entanto, à medida que as partículas se aproximam da superfície, a resultante das forças passa a existir. Essa resultante está orientada para o interior, onde está a maior parte das partículas dos líquidos. Isso provoca a formação de uma espécie de película superficial e a esse fenômeno damos o nome de tensão superficial.



Créditos da imagem: <http://www.brasilecola.com/upload/conteudo/images/tensao-superficial-da-agua.jpg>. Acesso em: 23 set. 2014.

Figura 6: Tensão superficial da água.

A tensão superficial mantém, na superfície dos líquidos, corpos que em geral afundariam na água, como uma lâmina de barbear, e torna possível que pequenos insetos caminhem sobre a superfície da água. Esse fato apresenta importante papel

ecológico, pois tais insetos, quando caminham sobre a água de rios ou lagos, servem de alimentos a inúmeras espécies de peixes.



Créditos da imagem: <http://www.brasilecola.com/upload/conteudo/images/tensao-superficial-da-agua.jpg>. Acesso em: 23 set. 2014.

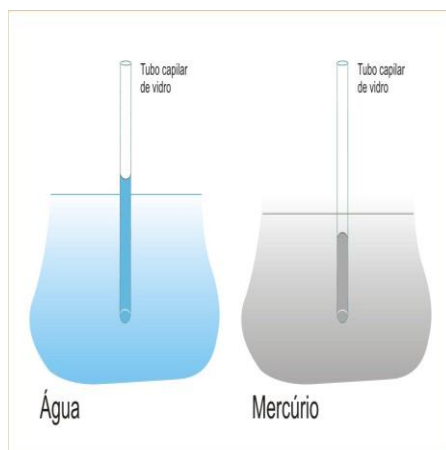
Figura 7: Imagem de insetos pousados na água.

Aves que nadam nas águas dos lagos, como os patos, se valem da tensão superficial para ampliar o volume da água deslocado pelo seu corpo e flutuar com mais facilidade e, por isso, eriçam a penugem do peito. Em razão da tensão superficial e da pequena força de adesão da água com as penas e a penugem, a água não consegue penetrar entre elas, fazendo com que o volume da água deslocado pela ave seja maior que o volume de seu corpo facilitando a flutuação.

A contaminação da água com detergentes reduz o valor da tensão superficial e pode acarretar desequilíbrio ecológico. Os pequenos animais que flutuam devido a tensão superficial podem afundar e morrer gerando escassez de alimentos para os peixes. O vazamento de óleo no mar proveniente dos petroleiros é também extremamente prejudicial a biodiversidade ecológica. As aves marinhas que não molham suas penas na água devido a tensão superficial. O óleo tem baixa tensão superficial, o que permite sua penetração entre as penas e a penugem das aves, encharcando suas penas e provocando a morte.

Assim como as forças de coesão, as forças de adesão entre os líquidos e as paredes dos recipientes são também de natureza elétrica. Associadas, essas forças dão origem à capilaridade – fenômeno que ocorre nos líquidos contidos em tubos de diâmetros muito finos (capilares). Devido à capilaridade, um líquido pode subir a alturas consideráveis, como a seiva mineral nos vasos lenhosos das árvores. Mas ela também pode causar o efeito oposto. Quando a resultante das forças de adesão é maior que a resultante das forças de coesão, o líquido tende a aderir à parede do recipiente e subir, sob a ação das resultantes das forças. Na imagem seguinte, note

a cavidade da superfície junto à parede do recipiente na figura da direita. Quando a resultante das forças de adesão for menor que a resultante das forças de coesão, o líquido tende a se afastar da parede do recipiente e descer, sob a ação da resultante dessas forças. Na imagem abaixo, note a convexidade da superfície junto à parede do recipiente na figura da esquerda.



Créditos da imagem: <http://www.grupoescolar.com/a/b/84B12.jpg>. Acesso em: 23 set. 2014.

Figura 8: Imagem da capilaridade da água e do mercúrio.



Figura 9: Imagem da capilaridade da água (tingida com corante) e do mercúrio.

A tensão superficial é um fenômeno restrito à superfície do líquido e a capilaridade à tubos muito finos.



Sugerimos a leitura do trabalho de Pena (PENA, F. L. A. A capilaridade empurra. Física na Escola, v. 6, n. 2, 2005) que discute uma proposta experimental abordando as forças de adesão e de coesão.



Aqui iniciamos a segunda etapa do primeiro ciclo.

Tempo previsto para aplicação: uma hora-aula.

Atividades Experimentais Demonstrativas

O objetivo dos cinco experimentos que apresentaremos a seguir é explorar os conceitos de densidade, massa específica e densidade relativa. Discutiremos a relação entre densidade, massa e volume e mostraremos que a densidade relativa entre o objeto e o fluido é o fator que determina a flutuação do objeto.

Questão prévia: Por que um navio, mesmo sendo feito de chapas de metal, consegue flutuar na água? Por que uma âncora, pequena e leve quando comparada ao peso do navio, afunda na água para segurar esse mesmo navio?

1ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de um recipiente transparente (de vidro ou plástico) e massa de modelar (que podemos encontrar em papelaria).

Encheremos o recipiente com água. Depois disso, modelaremos uma pequena quantidade de massa em forma aproximadamente esférica e a colocaremos na água. Em seguida, modelaremos outra massa (com aproximadamente a mesma quantidade que a anterior) na forma de canoa e colocaremos também na água.

Observe o que ocorre.

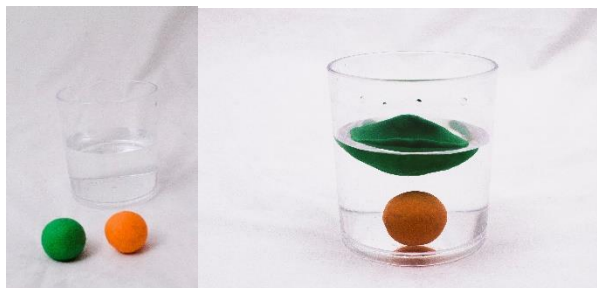


Figura 10: (Esquerda) Quantidades iguais de massa modelar. (Direita) Modelagem em formatos diferentes imersas em um recipiente com água.

Na figura acima, ilustramos a situação observada. A massa de modelar que possui a forma de uma esfera maciça (verde) afunda. A outra massa de modelar, que possui a forma de uma canoa (cor de laranja), flutua.

Embora os dois objetos (esfera e canoa) possuam a mesma massa (e mesma massa específica, pois é o mesmo material) uma delas afunda e a outra flutua. Por que isso ocorre?

Essa primeira experiência mostra que o que decide se um corpo flutua ou não, não diz respeito à quantidade de massa do corpo e nem ao material do qual o objeto é feito. O que decide, é a densidade do objeto em relação ao fluido no qual o colocamos. A massa de modelar no formato de esfera afunda porque tem densidade maior do que a da água (nesse caso, por se tratar de um objeto sólido e homogêneo, a densidade da esfera é igual à massa específica da substância que constitui a massa de modelar). Quando a massa de modelar toma o formato de uma canoa, seu volume é maior do que a esfera. Em consequência, a densidade da canoa de massa de modelar torna-se menor que a da esfera. Além disso, o valor de sua densidade é menor do que da água, permitindo que a canoa flutue quando colocada na água. Da relação entre densidade, massa e volume, concluímos que quando aumentamos o volume, mantendo a mesma massa, a densidade do objeto diminui.

2ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para essa atividade, precisaremos de três esferas ocas de plástico (utilizadas em piscina de bolinhas para crianças) que podem ser encontradas em lojas de brinquedos, seringa com agulha, um recipiente transparente e largo (que caibam as três esferas) e água.

Introduziremos água em uma das esferas até que a mesma se encontre com pouco menos da metade do seu volume interno preenchido pelo líquido. Em outra esfera, colocaremos água até que o interior da mesma fique com pouco mais da metade preenchido. A terceira esfera deverá permanecer vazia.

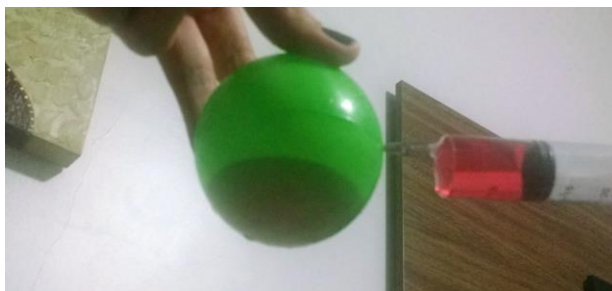


Figura 11: Preenchimento parcial da esfera plástica com água.

Colocaremos as três esferas no recipiente contendo água. Observe o que ocorre.



Figura 12: Imagem das três esferas flutuando na água com diferentes volumes submersos.

Mesmo as esferas possuindo o mesmo volume, elas não flutuam da mesma forma. Por que isso ocorre?

Nesse segundo experimento, ao introduzirmos água dentro da esfera de plástico aumentamos sua massa, mantendo o volume (que é o volume da esfera) constante. Como a densidade de um objeto, é diretamente proporcional à massa do mesmo, ao introduzirmos a água dentro da esfera estamos aumentando sua densidade. Observe que a densidade relativa entre o objeto e o fluido determina o percentual do volume submerso. Quando introduzimos quantidades diferentes de água dentro das esferas alteramos as densidades de cada uma delas e, em consequência disso, observamos que elas flutuam de formas diferentes. É importante observar que a esfera que não possui água em seu interior fica com um pequeno volume submerso (pois sua densidade é bem menor que a da água) enquanto a que possui maior quantidade de água, flutua com a maior parte submersa entre as três. Com isso percebemos que quando aumentamos a densidade do objeto em relação ao fluido, aumentamos o volume submerso.

3ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos esse experimento precisaremos de um ovo cru, sal de cozinha e um recipiente transparente com água comum (um copo).

Primeiramente, colocaremos o ovo dentro do recipiente com água. Observe o que ocorre.

Em seguida, acrescentaremos sal de cozinha (aos poucos) e misturaremos para homogeneizar. Observe o que ocorre.



Figura 13: (Esquerda) Ovo colocado dentro de recipiente com água. (Centro) Adição de sal dentro do recipiente. (Direita) Flutuação do ovo na água salgada.

O que ocorre quando colocamos sal na água? Por que esse procedimento permite que o ovo flutue?

Na situação inicial, o ovo permaneceu no fundo do copo. Na medida em que adicionamos sal na água, o ovo começa a emergir até boiar. O que decide se o corpo flutua ou não, é sua densidade em relação ao fluido. Nessa atividade, mostramos que a flutuabilidade dos corpos (no caso o ovo) depende da densidade do corpo (ovo) e da densidade do líquido (água) no qual o mesmo está imerso. Na primeira parte do experimento observamos que o ovo afundava, pois o mesmo é mais denso do que a água, cuja densidade é, aproximadamente, 1g/cm^3 . Ao adicionarmos sal na água, a solução salina torna-se cada vez mais densa e pode atingir um valor maior que a densidade do ovo, permitindo assim que o ovo, menos denso que a solução salina, flutue.

4ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para essa quarta atividade, precisaremos de um recipiente transparente semelhante a um aquário (de vidro ou plástico), uma lata de refrigerante normal e uma lata de

refrigerante light da mesma marca que o normal. Devido às diferenças entre os fabricantes, é necessário fazer o teste antes.

Será necessário encher o recipiente transparente com água e colocar as latas de refrigerante no fundo desse recipiente.

Observe o que ocorre.



Figura 14: Imagens dos refrigerantes imersos na água.

Observe que uma das latas permanece no fundo e a outra flutua.

Sendo o volume das duas latas idêntico, como explicar o fato do refrigerante light flutuar?

O refrigerante normal, feito com açúcar, possui densidade maior que a da água, portanto, afunda quando colocado na água. O refrigerante light, feito com adoçante, possui densidade menor que da água, permitindo que o ele flutue quando colocado na água.

5ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para a quinta atividade, precisaremos de três recipientes transparentes (três copos), água, álcool absoluto (que pode ser comprado em lojas de material hospitalar) e gelo (preferencialmente feito com água com corante para facilitar a visualização).

Colocaremos em um dos copos água e adicionarmos um cubo de gelo. No outro copo, vamos colocar álcool e adicionarmos também um cubo de gelo. No terceiro copo, colocaremos água até pouco menos da metade do copo, adicionaremos um cubo de gelo e completaremos com álcool. É necessário colocar o álcool com cautela para evitar que ele se misture na água.

Observe o que ocorre.

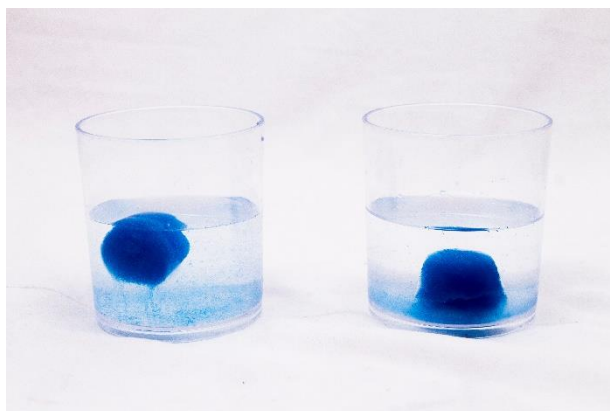


Figura 15: Imagem mostrando a flutuação do gelo na água (à esquerda), no álcool (à direita).

Observe também o que ocorre com a flutuação do gelo durante o seu derretimento.

Sendo o gelo formado por água, por que o gelo flutua na água e afunda no álcool?

Esse experimento aborda a densidade relativa entre o objeto e o fluido como fator que determina a flutuabilidade de corpo. Observamos que o gelo flutua quando colocado na água e afunda quando colocado no álcool. As densidades da água, do gelo e do álcool podem explicar esse fato. A densidade do gelo ($0,9 \text{ g/cm}^3$) é menor que a da água ($1,0 \text{ g/cm}^3$) e isso explica o fato do gelo flutuar sobre a água. A densidade do álcool é de $0,79 \text{ g/cm}^3$, que é menor que a densidade do gelo, permite que o gelo afunde quando colocado no álcool. Observe a situação de equilíbrio quando colocamos água, gelo e álcool. O gelo fica entre o álcool e a água. O gelo “afunda” no álcool que está sobre a água e “flutua” na água que está sob o álcool. Observamos também que o derretimento do gelo, a “grosso modo” não altera sua flutuação, ou seja, o fato do gelo “ficar mais leve ao derreter” não faz com que o mesmo flutue. Com isso, enfatizamos a flutuação dos corpos está relacionada à densidade relativa entre o corpo e o líquido e não à massa do corpo. Para essa última discussão, vale lembrar que o derretimento do gelo gera água e essa, e em contato com o álcool, produz alteração na densidade dessa mistura. É possível observar pequenas alterações na flutuação do gelo devido a esse processo, mas esse não é o nosso foco nesse momento, por isso não nos deteremos nessa questão.

A densidade de cada material depende do volume por ele ocupado, e o volume, por sua vez, é uma grandeza física que varia com a temperatura e a pressão. Assim, a densidade é uma grandeza física que depende da temperatura e da pressão que o material está submetido. Na atividade anterior, abordamos um exemplo que ilustra essa dependência: a água e o gelo. A densidade da água no estado sólido (gelo) é aproximadamente $0,9\text{g/cm}^3$ enquanto que no estado líquido é aproximadamente $1,0\text{g/cm}^3$. Observe que ao mudar de estado físico, a densidade da água se modifica. Isso explica o fato de o gelo flutuar na água. É importante mencionarmos aqui que a água é uma exceção. A maioria das substâncias, ao se solidificarem, aumentam sua densidade.

Podemos observar também nessa atividade que o gelo não fica totalmente acima da superfície da água. Isso está relacionado a densidade relativa entre o gelo e a água. Como a densidade do gelo é de aproximadamente 90% do valor da densidade da água, 90% do volume do gelo (aproximadamente) fica abaixo da superfície da água e apenas 10% fica acima da superfície (aproximadamente). É por isso que os icebergs (grandes blocos formados por gelo que flutuam nos oceanos) são tão perigosos para a navegação.

Retomando a questão prévia, após termos realizados as atividades propostas acima, podemos concluir que o navio, devido a sua forma, mesmo sendo feito de chapas de metal, consegue flutuar na água, pois sua densidade é menor que a densidade da água. Já a âncora, por ser maciça e feita de ferro, possui densidade maior que a da água. Através do segundo experimento você pode refletir sobre o que ocorre com o navio quando o mesmo é carregado: quando estão sem cargas apresentam um volume submerso menor e quando carregados, passam a flutuar com maior volume submerso. É possível visualizar essa diferença nas marcas deixadas pela água no casco do navio. Essa variação do volume submerso poderia gerar problemas para a estabilidade do navio. Para resolver essa questão de estabilidade, os navios possuem tanque de lastro, que permite controlar o volume submerso mesmo quando estão descarregados.



Nas atividades propostas anteriormente, não abordamos o conceito de empuxo sendo essa omissão é proposital. Destacamos que a sequência de experimentos que estamos propondo, objetiva que o aluno faça a diferenciação e integração dos conceitos que estão sendo estudados sendo de responsabilidade do professor atuar como facilitador nesse processo, fornecendo ao aluno o “start”, quando necessário, para a diferenciação e integração de tais conceitos. Esperamos que ao final do processo o aluno consiga interligar os conceitos apresentados nos diversos ciclos e inserir novos exemplos além dos trabalhados em sala e abordados nos experimentos. Vale destacar que é o aluno quem decide se quer aprender significativamente, cabendo ao material, ao professor e aos experimentos apenas potencializar essa aprendizagem. Os significados estão nas pessoas e não nos materiais.

As próximas três atividades experimentais têm o objetivo de mostrar que a massa específica dos líquidos determina a posição de equilíbrio entre eles. Discutiremos também a existência de líquidos miscíveis e imiscíveis.

Questão Prévia: Você já deve ter observado que quando ocorre algum derramamento de óleo no oceano (como acidentes envolvendo plataformas de exploração de petróleo ou navios que transportam combustíveis), o óleo fica em cima da água. Será que o óleo sempre fica na superfície dos líquidos (qualquer que seja esse líquido)?

6ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de quatro garrafinhas plásticas transparentes (que podem ser encontradas em lojas de embalagens para festas), água, querosene, azeite de oliva e álcool etílico. O fato de utilizarmos tais garrafinhas busca unicamente economizarmos os materiais utilizados. Caso optássemos por garrafas maiores, necessitaríamos de uma maior quantidade desses materiais.

Em uma das garrafas colocaremos água até a metade e completaremos com azeite. Em outra, colocaremos metade de água e metade de querosene. Em uma terceira garrafa, colocaremos azeite até a metade e completaremos com álcool. A última, preencheremos inicialmente com um terço de água, em seguida adicionaremos um terço de azeite de oliva e por fim completaremos com álcool.

Observe como os líquidos ficam distribuídos nas garrafas.



Figura 16: Imagem das garrafas preenchidas com os líquidos.

Por que esses líquidos não se misturam? Por que o azeite de oliva fica localizado em cima da água em uma das garrafas, mas em outra ele fica abaixo do álcool?

Devido as densidades dos líquidos utilizados, observa-se que na garrafa na qual há o azeite e a água, a água, por ser a mais densa entre esses dois líquidos, localiza-se na parte inferior. Observa-se também que esses líquidos são imiscíveis. O mesmo acontece na garrafa com o querosene e água, sendo a água mais densa que o querosene. Na terceira garrafa, observamos o azeite na parte inferior e o álcool na superior, mostrando que o azeite é mais denso que o álcool. Na quarta situação, mostramos água, azeite e álcool, podendo-se observar a relação de densidade entre eles. Destacamos que se agitarmos essa garrafa a água mistura-se ao álcool formando uma mistura homogênea, sendo essa mistura mais densa que o azeite.

Invertendo-se a garrafa de querosene e água, observamos a passagem completa do querosene para a parte superior da garrafa, e da água para a parte inferior da garrafa. Isso ocorre devido ao querosene possuir massa específica menor que a da água, entrando em equilíbrio na parte superior da água. Observe que esses dois líquidos são imiscíveis, agitando a garrafa não conseguimos misturá-los.

7ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade vamos precisar de quatro garrafinhas plásticas transparentes que podem ser encontradas em lojas de embalagens para festas, água, querosene, azeite de oliva, álcool etílico, corante para alimentos ou tinta. O fato de utilizarmos tais garrafinhas busca unicamente economizarmos os materiais

utilizados. Caso optássemos por garrafas maiores, necessitaríamos de uma maior quantidade desses materiais.

Em uma das garrafas colocaremos água até a metade e completaremos com álcool. Em outra, colocaremos metade de querosene e metade de azeite. Em uma terceira garrafa, colocaremos azeite até a metade, adicionaremos algumas gotas de corante e completaremos com álcool. A última, preencheremos inicialmente com um terço de querosene, adicionaremos algumas gotas de corante e completaremos com um terço de água e o restante com álcool.

Agitaremos individualmente cada garrafa. Observe o que ocorre com os líquidos.



Figura 17: Mistura de azeite, querosene e corante (esquerda) e mistura de água, álcool, querosene e corante (direita).

Por que o corante se mistura em uma das situações e na outra não? Por que o querosene fica localizado em cima da mistura água + álcool + corante (em uma das garrafas)?

Observamos que a água e o álcool, bem como o azeite e o querosene, são líquidos miscíveis. Quando adicionamos azeite, querosene e corante percebemos que o corante não é miscível à mistura desses dois óleos. Quando adicionamos querosene, água, álcool e corante, percebemos que o corante é miscível a mistura homogênea de água e álcool e que o querosene é imiscível a essa mistura. Por possuir menor densidade que a mistura, o querosene fica localizado na parte superior da garrafinha. Percebemos que o corante é mais denso que a mistura querosene + azeite, localizando-se na parte inferior da garrafa. Invertendo-se a garrafa, observamos a passagem do corante para a parte inferior da garrafa.

8ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade, precisaremos de água, álcool etílico, azeite de oliva, um canudo de refrigerante (grosso) e um recipiente transparente (um copo).

Colocaremos água até pouco menos da metade do copo e completaremos cautelosamente com álcool (podemos utilizar uma seringa, mas o importante é tentar não misturar o álcool com a água). Não é necessário que o copo fique completamente cheio. O que precisamos é um copo água e álcool separados, preferencialmente, em quantidades iguais. Por sucção, encheremos um canudo com o azeite. Usando-o como uma pipeta, introduziremos cuidadosamente o canudo no copo com água e álcool deixando escoar o azeite para dentro do copo.



Figura 18: Gotas de azeite em equilíbrio.

Observe a gota de azeite, quase esférica, em equilíbrio no meio do copo. Tocaremos a gota com os dedos. Observe o que ocorre.

Por que a gota de azeite fica em equilíbrio no meio do copo?

Os valores aproximados das densidades da água, do álcool e do azeite são, respectivamente, 1 g/cm^3 , $0,8 \text{ g/cm}^3$ e $0,9 \text{ g/cm}^3$. Quando se coloca álcool delicadamente no copo, o álcool de menor densidade fica na parte superior do copo. Somente na região intermediária forma-se uma mistura de álcool e água. A gota de azeite afunda no álcool porque tem menor densidade que ele, mas flutua na água, pois sua densidade é maior que a da água. Assim, a gota fica em equilíbrio na região intermediária.

Retomando a questão prévia, quando ocorre derramamento de combustível no oceano, esse se localiza acima da superfície da água, pois é o menos denso entre estes dois líquidos. Observe também que o combustível é imiscível na água. A posição de equilíbrio entre líquidos imiscíveis depende da densidade destes líquidos. O líquido mais denso sempre ficará localizado na parte inferior e o menos denso na parte superior.

Sugerimos, caso o professor disponha de balança de precisão, proveta e densímetro, o cálculo da densidade de líquidos miscíveis (água e álcool), cujo tutorial está disponível no site Pontociência (<http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=899&1+++1+E+SEMPRE+2+>) (Acesso: 30 de set. de 2014). Esse experimento aborda a densidade da água, do álcool e da mistura água + álcool medidas através do densímetro e calculadas através da relação massa/volume.



O trabalho de Laburú e Trevisan (LABURÚ, C. E.; TREVISAN, F. F. de L. Faça você mesmo: Fumaça sobe ou desce? Física na Escola, v. 4, n. 2, 2003) sugere um experimento que aborda densidade e correntes de convecção onde é possível mostrar com um equipamento simples e de rápida construção, o inesperado e interessante comportamento de um filete de fumaça que contraria o senso comum.



Aqui iniciamos a terceira etapa do primeiro ciclo.

Tempo previsto para aplicação: uma hora-aula.

Sugerimos que durante essa etapa, após a realização dos cinco primeiros exercícios dessa lista, o professor retome os experimentos realizados pelos estudantes e as questões prévias abordadas nessas propostas.



Durante a intervenção realizada, percebemos que alguns alunos, mesmo após concluirmos essa segunda etapa, não compreenderam que a flutuação estava relacionada com a densidade relativa entre o líquido e o objeto. Realizamos novamente, durante a terceira etapa desse ciclo, o segundo experimento, porém utilizamos um ovo de galinha e um de codorna e assim sugerimos que esse experimento seja realizado dessa forma. Também utilizamos várias esferas de isopor e de vidro, de diversos tamanhos, mostrando que independente do “peso das esferas as de isopor sempre flutuavam e as de vidro sempre afundavam

Lista de exercícios – Densidade e massa específica

1. Assinale verdadeiro (V) ou falso (F).

() Dois corpos de mesma densidade têm necessariamente a mesma massa.

() Dois corpos maciços de mesmo volume e constituídos de mesma substância possuem necessariamente a mesma massa.

() Dois corpos maciços de mesma massa e mesmo volume tem necessariamente a mesma densidade.

() Duas bolas de isopor, uma maciça e outra oca, possuem a mesma massa específica.

() Duas bolas de isopor, uma maciça e outra oca, possuem a mesma densidade.

() Uma rolha de cortiça flutua quando colocada sobre a superfície da água do mar.

() Um corpo de densidade igual a $0,8 \text{ g/cm}^3$ quando colocado no fundo de um tanque, que contém água (massa específica 1 g/cm^3), quando liberado irá subir até atingira a posição de equilíbrio com 80% de seu volume submerso.

2. (Puc - SP 1997) Um barco passa de um rio, água doce de densidade 1 g/cm^3 , para o mar, água salgada de densidade $1,03 \text{ g/cm}^3$. Para que a parte submersa continue a mesma, é preciso

a) deslocar parte da carga do barco, da proa para a popa.

b) deslocar parte da carga do barco, da popa para a proa.

c) não alterar a carga do barco.

d) retirar parte da carga do barco.

e) aumentar a carga do barco.

3. Leia as frases abaixo:

“Um sólido mais leve que um fluido não ficará, caso colocado nele, totalmente submerso, mas parte dele vai-se projetar acima da superfície. ”

“Qualquer sólido mais leve que um fluido ficará, caso colocado no fluido, submerso de tal forma que o peso do sólido será igual ao peso do fluido deslocado. ”

Discuta o erro conceitual presente nessas duas afirmações.

4. O ósmio é um elemento químico representado pelo símbolo **Os**. Trata-se de um metal de transição classificado no grupo da platina. À temperatura ambiente o ósmio encontra-se no estado sólido. Na sua forma metálica o ósmio é muito



denso, branco azulado, frágil, duro e brilhante. Sabendo que a densidade do ósmio é de 22,6 kg/l, qual seria a massa de ósmio depositada em um volume de 2 litros?

Créditos da imagem:

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/0/0c/Osmium_crystals.jpg.

Acesso em: 23 set. 2014.

5. Qual a densidade de um cubo de aresta 2 cm e massa igual a 64 g?

-
-
6. (UFRGS) Três cubos A, B e C, maciços e homogêneos, têm o mesmo volume de 1cm^3 . As massas desses cubos são, respectivamente, 5g, 2g, e 0,5g. Em qual das alternativas os cubos aparecem em ordem crescente de densidade?

a) A, B, C b) C, B, A c) A, C, B d) C, A, B e) B, A, C

7. Uma lata de azeite contém 500ml. Sabendo que a massa específica do azeite é de $0,92\text{ g/cm}^3$ (à 15°C), determine a massa de azeite contida nessa lata.

8. A massa de uma grande pedra de granito é de 8 toneladas. Sabendo que a massa específica do granito é de 2600 Kg/m^3 , qual o volume ocupado por essa pedra?

9. (FUVEST) Os chamados "Buracos Negros", de elevada densidade, seriam regiões do Universo capazes de absorver matéria, que passaria a ter a densidade desses Buracos. Se a Terra, com massa da ordem de 1027g, fosse absorvida por um "Buraco Negro" de densidade 1024g/cm^3 , ocuparia um volume comparável ao:

a) de um nêutron
b) de uma gota d'água
c) de uma bola de futebol
d) da Lua
e) do Sol

10. A massa específica do mercúrio é de $13,6 \text{ g/cm}^3$ e da água é de 1 g/cm^3 . Qual a massa contida em 30 ml de cada uma dessas substâncias?



Aqui iniciamos a primeira etapa do segundo ciclo.

Tempo previsto para aplicação: uma hora-aula.

Pressão

Vamos iniciar a discussão desse novo conceito assistindo um vídeo, disponível no seguinte endereço eletrônico: <http://www.youtube.com/watch?v=1FKgWe-n2JM>.

Esse vídeo discute a NR 13, que aborda o trabalho com caldeiras, vasos de pressão e tubulação.



Sugerimos a utilização desse vídeo como um organizador prévio cuja temática abordada está relacionada com os sujeitos para os quais preparamos a intervenção, alunos que realizavam um curso técnico em Segurança do trabalho. Ao término do vídeo é importante que o professor debata com os alunos buscando identificar o conhecimento prévio desses alunos sobre o conceito de pressão. Caso o professor opte por não utilizar esse vídeo, outros podem ser escolhidos na internet dependendo o perfil dos estudantes. Outra possibilidade seria a substituição do vídeo por uma música. Enfatizamos que a utilização nesse segundo ciclo de um instrumento metodológico como organizador prévio busca dar mais dinamismo as aulas.

Provavelmente, você já deve ter observado que quando uma faca “está sem corte” às pessoas a “afiam”. O mesmo ocorre com alicates e tesouras. O que precisamos fazer para afiar uma faca? Será que existe algum conceito abordado pela Física que pode explicar esse procedimento?

Quando afiamos a lâmina de uma faca, a atritamos com uma lixa, uma pedra ou até mesmo com outra faca. Esse atrito tem por objetivo diminuir a área da faca que entrará em contato com o material a ser cortado, permitindo que a faca corte mais facilmente, sem que seja necessário aumentar a intensidade da força exercida sobre a faca. Da mesma forma, quanto mais fina a ponta de uma agulha, percevejo ou prego, mais fácil é a penetração em superfícies rígidas como uma parede, uma tábua, etc.

Observe a figura a seguir:

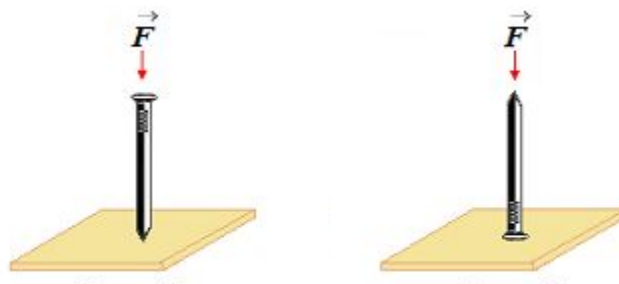


Figura 19: A mesma força aplicada em áreas distintas.

Na figura, a mesma força é aplicada ao prego em duas situações distintas. Na situação ilustrada pela imagem da esquerda, a força aplicada produz na base efeito muito maior do que a mesma força sendo aplicada no prego como ilustrado pela figura da direita. Isso ocorre, pois na situação mostrada pela figura da direita, a força se distribui numa área maior. Esse efeito está relacionado com o conceito de **Pressão**. Quanto maior a área de contato entre o ponto de aplicação da força e a superfície, menor será a pressão e vice-versa. Podemos dizer que a pressão depende da intensidade da força aplicada e da área em que a força é aplicada. Como a “ponta” do prego tem uma área pequena em contato com a madeira, a pressão será bem maior (quando comparada com a “cabeça” do prego), facilitando a penetração.

Pressão é uma grandeza física relacionada à distribuição de forças sobre a superfície. Definimos a pressão de uma força \vec{F} , **perpendicular** a uma superfície, e distribuída sobre a área A , da seguinte maneira:

$$p = \frac{F}{A}$$

Isto é, a pressão p , da força \vec{F} , sobre a área A , é a relação entre o módulo da força \vec{F} (F) e o valor da área A . A pressão é a razão entre o módulo da resultante das forças aplicada **perpendicularmente** à superfície (F) e, a área da superfície (A). A pressão é uma **grandeza escalar** e, como tal, totalmente destituída das características de direção e sentido. A pressão devido a qualquer força não pode ser caracterizada com para cima, para baixo, para a esquerda, para a direita ou qualquer outra orientação. Pressão não pode ser representada por setas. Assim como o conceito de

densidade, a pressão é uma grandeza escalar e representa a distribuição de intensidade de forças numa dada área.

Na Física, os verbos "exercer" e "aplicar" expressam significados distintos: para as pressões usamos exercer e para as forças usamos aplicar. Um gás comprimido exerce pressão contra as paredes que o confina, já a força que define a pressão exercida sobre aquela área da parede é aplicada contra a referida parede. Como força é uma grandeza vetorial, podemos utilizar setas (vetores) para representá-la, mas nunca para representar a pressão.



Sugerimos nesse momento a realização de um experimento que envolve a flutuação de uma agulha na superfície da água. Esse experimento permite retomar o conceito de densidade e tensão superficial, bem como explorar o conceito de pressão.

Vamos agora escutar a música “O chato” de Oswaldo Montenegro disponível no seguinte endereço eletrônico: <http://www.ouvirmusica.com.br/oswaldo-montenegro/82853/#maisacessadas/82853/>.

Após escutar a música, responda: Por que todo chato “cutuca”?



Com a introdução dessa música diversificamos os instrumentos metodológicos utilizados na abordagem e buscamos promover um momento de diálogo e de negociação de significados.

O valor da pressão depende não só do valor da força exercida, mas também da área na qual a força está distribuída. Uma vez fixado o valor da área, a pressão será proporcional ao valor da força. Por outro lado, uma mesma força poderá produzir pressões diferentes, dependendo da área sobre a qual ela atuar. Se a área for muito pequena, podemos obter grandes pressões, mesmo com pequenas forças.

Por esse motivo, os objetos de corte (tesouras, facas, enxadas, etc.) devem ser bem afiados e os objetos de perfuração (pregos, brocas, fusos, etc.), pontiagudos. A área na qual atua a força exercida por esses objetos será muito pequena, acarretando uma grande pressão, o que torna mais fácil obter o efeito desejado.

Em outros casos, quando desejamos exercer pequenas pressões, devemos fazer com que a força se distribua por grandes áreas. Para caminhar na neve, uma pessoa usa sapatos especiais, de grande área de apoio, para diminuir a pressão; tal medida a impede de afundar. Também para diminuir a pressão sobre o solo, um engenheiro orienta os pedreiros a apoiar as paredes de uma casa sobre alicerces, que tem área maior que a da parede.

Segurando um lápis entre os dedos, você perceberá que o dedo que fica em contato com a parte mais pontiaguda do lápis fica marcado e dolorido.



Créditos da imagem: http://3.bp.blogspot.com/-cGxa-6_DSfU/Ukbe-P5OMII/AAAAAAAAAqeM/1gl_KnYIYak/s1600/zdedus.png. Acesso: 10 out. 2014.

Figura 20: Aplicação da mesma força em extremidades de áreas diferente.

Por que isso ocorre?

As forças exercidas nos dois dedos possuem o mesmo módulo (valor), entretanto na parte pontiaguda do lápis a pressão exercida é maior, o que faz com que esse dedo fique marcado.

Vamos agora escutar a música “Cerol na mão” do Bonde do Tigrão disponível no seguinte endereço eletrônico: <http://letras.mus.br/bonde-do-tigrao/168650/>.

Após escutar a música, responda: O conceito de pressão foi corretamente empregado na frase: “Vou te dar muita pressão”?



Introduzimos uma música popular buscando discutir como os conceitos são empregados de modo equivocado em muitas músicas. Aqui, esperamos que o estudante consiga dialogar sobre esse equívoco e até mesmo citar outras músicas que empregam incorretamente o conceito de pressão.

Ao término do debate sobre essa música sugerimos a apresentação das seguintes imagens.



Apesar de abordar uma situação não vivenciada pelos estudantes, o andar na neve, essas imagens possibilitam novos questionamentos sobre o conceito de pressão, bem como conversamos com os alunos sobre as culturas variadas existente entre os diversos países.

Pela definição de pressão, sua unidade é dada pela relação entre uma unidade de força e uma unidade de área. No Sistema Internacional de Unidades (SI) a unidade de pressão é o N/m^2 e se denomina pascal (Pa), em homenagem a Blaise Pascal.

Na prática, os engenheiros e técnicos costumam usar a unidade Kgf/cm^2 . Nas máquinas e aparelhos de origem norte-americana (ou inglesa) é usada como unidade de pressão libra/polegada². Nos postos de combustível, os aparelhos utilizados para medir a pressão do ar nos pneus são calibrados libra/polegada². Outros exemplos de unidades de medida para pressão são: atm, mmHg. É muito comum a utilização da unidade mmHg em laboratórios, para a medição da pressão de gases rarefeitos. Chamamos de 1mmHg à pressão exercida, sobre sua base, por uma coluna de mercúrio de 1mm de altura. Essa pressão é muito pequena. Quando desejamos medir as pressões elevadas, como de gases comprimidos ou vapores de uma caldeira, usamos a unidade denominada de atmosfera (atm). O valor de 1 atm é igual a pressão exercida, sobre sua base, por uma coluna de mercúrio de 76 cm de altura. Essas unidades estão relacionadas da seguinte forma:

$$1 \text{ atm} \approx 1 \text{ Kgf} / \text{cm}^2$$

$$1 \text{ atm} = 1,01 \times 10^5 \text{ N/m}^2 = 1,01 \times 10^5 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} = 133 \text{ N/m}^2 = 133 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Kgf} / \text{cm}^2 = 14,2 \text{ libra/polegada}^2$$

$$1 \text{ libra/polegada}^2 = 6,89 \times 10^3 \text{ Pa}$$

Sugerimos a leitura e discussão da charge apresentada a seguir.



Créditos da charge:

http://www.cbpf.br/~eduhq/html/tirinhas/tirinhas_assunto/fisica/fisica.php?pageNum_Recordset1Fisica=104&totalRows_Recordset1Fisica=22.

Acesso: 30 ago. 2014



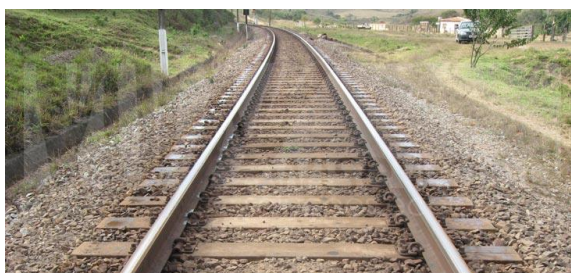
Aqui iniciamos a segunda etapa do segundo ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 15 minutos.

Atividades Experimentais Demonstrativas

O objetivo destes experimentos é verificar a relação entre a pressão, a força aplicada e a área onde está sendo aplicada a força. Vamos verificar que quando aumentamos a área, para uma mesma força exercida sobre tal área, diminuimos o valor da pressão exercida.

Questão prévia? Por que os trilhos de uma estrada de ferro são apoiados sobre dormentes?



Créditos da imagem: http://www.wisewood.com.br/uploads/dormente_1.jpg. Acesso: 30 ago. 2014

Figura 21: Trilhos sobre dormentes.

9ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de uma placa quadrada de papelão de 20 cm x 20 cm coberta (uniformemente) por aproximadamente 200 tachinhas (percevejos) encontrados facilmente em papelarias, uma placa quadrada de papelão de 20 cm x 20 cm com uma única tachinha e duas bolas de soprar.

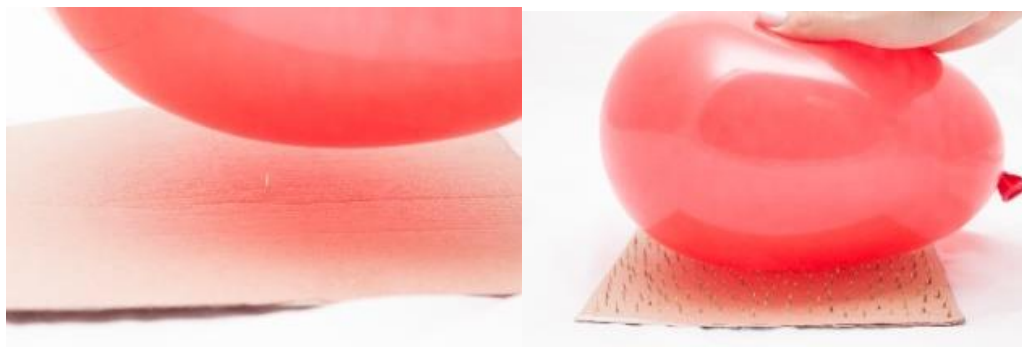


Figura 22: (Esquerda) Bola sendo apoiada sobre uma única tachinha. (Direita) Bola sendo apoiada sobre a cama de tachinhas.

Depois de confeccionar as placas com as tachinhas conforme ilustra a imagem anterior, apoiaremos a bola (inflada com ar) sobre uma única tachinha. Observe o que ocorre.

A seguir, apoiaremos a outra bola na “cama de tachinhas”. Observe o que ocorre.

Por que na primeira situação a bola estoura e na segunda situação não?

Essa atividade experimental nos permite exemplificar o conceito de pressão. Como já discutido, para uma mesma força aplicada, quanto maior a área menor é a pressão. Observamos que a bola, quando apoiada sobre uma única tachinha estoura enquanto que, quando apoiada sobre a cama de tachinhas não. Isso ocorre, pois, ao fazermos uma cama com as tachinhas, estamos aumentando a área de contato entre as tachinhas e a bola e, em consequência disso, diminuindo a pressão que atua sobre a bola. Como resultado, a bola não estoura.

Esse experimento é uma versão da cama de pregos onde os faquires indianos se deitam. Por razões práticas, fizemos uma versão miniatura da cama. A pressão exercida pelos pregos sobre o corpo da pessoa é pequena e assim, a pessoa não sente dores ou 'espetadelas' por parte dos pregos quando se deita na cama.

10ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de bolas de soprar, uma prancha de *surf* infantil ou uma placa grossa de isopor que pode ser adquirida em papelaria (suficiente para colocar sob ela 8 ou mais bolas).

Inicialmente, encheremos uma única bola e subiremos nela. Observe o que ocorre.

Em seguida, encheremos 8 ou mais bolas (tentando fazer com que todas fiquem do mesmo tamanho e não muito cheias). Distribuiremos as bolas debaixo da prancha (ou placa de isopor). Subiremos devagar, tentando pisar bem no centro da prancha. Será que aguenta?

Observe o que ocorre.



Figura 23: Imagem de uma pessoa surfando nos balões.

Por que na primeira situação a bola estoura e na segunda situação não?

Para que a bola estoure, é necessário aplicarmos certa força sobre ela. Se pisarmos sobre um balão exercermos força suficiente para que isso ocorra.

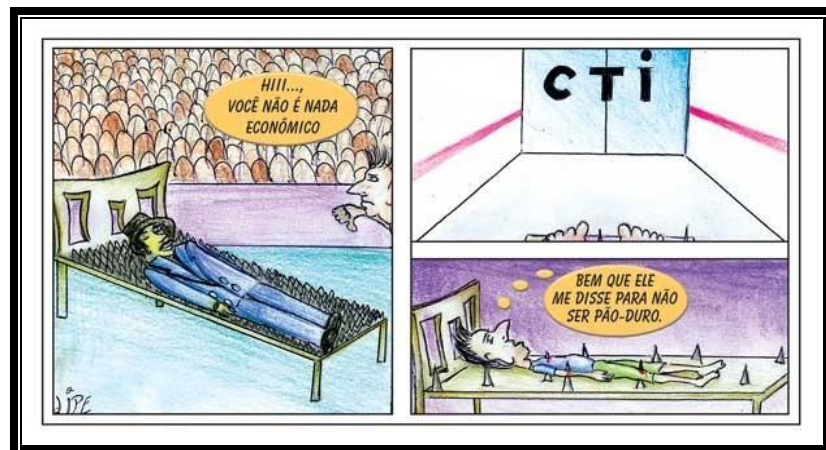
Ao preparar a plataforma de bolas, conseguimos distribuir a força (nosso peso) entre várias bolas de forma praticamente homogênea. Nesse caso a força sobre cada bola será igual à força peso do sistema (pessoa + plataforma) dividido pelo número de bolas. Quanto maior o número de bolas, menor a possibilidade de estourarem. Quando distribuimos o peso do sistema entre os vários balões utilizados, estamos diminuindo a pressão que atua sobre cada balão (pois estamos reduzindo o valor da

força sobre cada um deles). Lembrando que pressão é a força, perpendicular à área, exercida por unidade de área.

De forma análoga, poderíamos pensar que ao utilizarmos a prancha, estamos aumentando a área (que será apoiada sobre os balões). Em consequência disso, diminuimos a pressão exercida sobre os mesmos.

Retomando a questão prévia, podemos concluir que os trilhos de trem são apoiados sobre os dormentes para evitar que, devido à força que o trem aplica sobre os trilhos, os mesmos “afundem na terra”. Os dormentes aumentam a área de contato entre o trilho e o solo, diminuindo a pressão que é exercida sobre o solo.

Sugerimos que nessa etapa ocorra também leitura e discussão da charge apresentada a seguir.



Créditos da charge: http://www.cbpf.br/~eduhq/html/tirinhas/tirinhas_imagens/fisica/fisica0024.jpg.

Acesso: 30 ago. 2014.



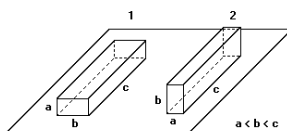
Aqui iniciamos a terceira etapa do segundo ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 30min.

Lista de Exercícios – Pressão

1. Uma pessoa está parada sobre um plano horizontal, apoiada sobre os dois pés. Quando se apoia apenas sobre um pé, a pressão que a pessoa exerce sobre o plano horizontal, é:
 - a) igual à anterior
 - b) maior que à anterior
 - c) menor que à anterior
 - d) independente do tamanho do pé da pessoa
 - e) independente do peso da pessoa

2. (Cesgranrio 1992) Eva possui duas bolsas A e B, idênticas, nas quais coloca sempre os mesmos objetos. Com o uso das bolsas, ela percebeu que a bolsa A marcava o seu ombro. Curiosa, verificou que a largura da alça da bolsa A era menor do que a da B. Então, Eva concluiu que:
 - a) o peso da bolsa B era maior.
 - b) a pressão exercida pela bolsa B, no seu ombro, era menor.
 - c) a pressão exercida pela bolsa B, no seu ombro, era maior.
 - d) o peso da bolsa A era maior.
 - e) as pressões exercidas pelas bolsas são iguais, mais os pesos são diferentes.



3. (Unesp 1993) Um tijolo, com as dimensões indicadas, é colocado sobre uma mesa com tampo de borracha, inicialmente da maneira mostrada em 1 e, posteriormente, da maneira mostrada em 2.

Na situação 1, o tijolo exerce sobre a mesa uma força F_1 e uma pressão p_1 ; na situação 2, a força e a pressão exercidas são F_2 e p_2 .

Nessas condições, pode-se afirmar que:

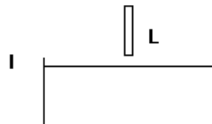
- a) $F_1 = F_2$ e $p_1 = p_2$
- b) $F_1 = F_2$ e $p_1 > p_2$
- c) $F_1 = F_2$ e $p_1 < p_2$
- d) $F_1 > F_2$ e $p_1 > p_2$
- e) $F_1 < F_2$ e $p_1 < p_2$

4. Uma mesa de 0,4m x 0,2m recebe a aplicação de uma força correspondente a 800N. Calcule.

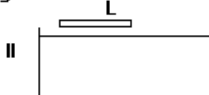
- a) a área da mesa.
- b) a pressão que está sendo exercida sobre a mesa.

5. Um palhaço segura uma criança de 40Kg apoiada em uma única mão. Sabendo que a área de contato do pé da criança com a mão do palhaço é de $0,015\text{m}^2$, determine a pressão exercida sobre a mão do palhaço pelo Peso da criança.

I - o lápis é solto verticalmente. Ele submerge e, em seguida, vai à tona, onde fica flutuando;



II - o lápis é solto horizontalmente. Ele flutua, sem submergir.



6. (Cesgranrio 1990) Abandona-se um lápis L sobre a superfície de um líquido, de duas formas distintas:

A opção que melhor explica as situações (I) e (II) é:

- a) A massa do lápis em (I) é maior que em (II);
 - b) A força que o lápis exerce sobre o líquido é maior que em (I) que em (II);
 - c) A pressão do lápis sobre o líquido em (I) é menor que em (II);
 - d) A pressão do lápis sobre o líquido em (I) é maior que em (II);
 - e) A densidade do lápis na vertical é maior que na horizontal.
7. (Unifor – CE) Um tijolo de peso 32N tem dimensões de 16cm x 8,0 cm x 4,0 cm. Quando apoiamos em sua face de menor área, qual a pressão, em atm, que ele exerce na superfície de apoio?

8. (UFMG 2006) José aperta uma tachinha entre os dedos, como mostrado na figura. A cabeça da tachinha está apoiada no polegar e a ponta, no indicador. Sejam $F(i)$ o módulo da força e $p(i)$ a pressão que a tachinha faz sobre o dedo indicador de José.



Sobre o polegar, essas grandezas são, respectivamente, $F(p)$ e $p(p)$. Considerando-se essas informações, é CORRETO afirmar que:

- a) $F(i) > F(p)$ e $p(i) = p(p)$.
 - b) $F(i) = F(p)$ e $p(i) = p(p)$.
 - c) $F(i) > F(p)$ e $p(i) > p(p)$.
 - d) $F(i) = F(p)$ e $p(i) > p(p)$.
9. (UEPI) Em um toca-discos, a força que a agulha exerce sobre o disco é de $1 \cdot 10^{-3}$ kgf e a ponta da agulha tem uma área de $1 \cdot 10^{-7} \text{cm}^2$. Considere $1 \text{ atm} = 1 \text{ kgf/cm}^2$. Então, a pressão que a agulha exerce sobre o disco é, em atmosferas, igual a:
- a) $1 \cdot 10^{-4}$ b) $1 \cdot 10^{-3}$ c) $1 \cdot 10^4$ d) $1 \cdot 10^3$ e) $1 \cdot 10^{-10}$
10. (Fuvest 2005) A janela retangular de um avião, cuja cabine é pressurizada, mede 0,5 m por 0,25 m. Quando o avião está voando a uma certa altitude, a pressão em seu interior é de, aproximadamente, 1,0 atm, enquanto a pressão ambiente fora do avião é de 0,60 atm. Nessas condições, a janela está sujeita a uma força, dirigida de dentro para fora, igual ao peso, na superfície da Terra, da massa de
- a) 50 kg b) 320 kg c) 480 kg d) 500 kg e) 750 kg

obs.: $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ Pa} = 10^5 \text{ N/m}^2$





Aqui iniciamos a primeira etapa do terceiro ciclo.

Tempo previsto para aplicação: uma hora-aula.

Pressão atmosférica

Vamos iniciar a discussão desse conteúdo através da leitura do texto: “Pressão: altos e baixos”.



Esse texto seria o organizar prévio utilizado nesse ciclo. Sugerimos que a leitura seja realizada pelos alunos em voz alta, com o professor solicitando que cada estudante faça a leitura de um parágrafo do texto. Após a leitura deverá ocorrer a discussão do texto com objetivo de elucidar o conhecimento prévio dos alunos.

Pressão: Altos e baixos

O corpo humano é preparado para viver em condições normais de pressão, mas consegue se adaptar a extremos de altitude e profundidade.

por Lívia Lisbôa

Como qualquer outro ser vivo, o homem evoluiu para viver em determinadas condições de clima e pressão atmosférica - mas não consegue se conformar só com seu habitat. Impulsionado pela vontade de superar limites, ele testa sua capacidade de sobrevivência em ambientes inóspitos como nenhum outro animal faria. Aventurar-se no alto de uma montanha ou no fundo do mar exige que o organismo humano se acostume às diferenças no comportamento do gás essencial à vida, o oxigênio.

Quanto maior a altitude, menor a quantidade de oxigênio, pois o ar fica menos denso, com mais espaços vazios entre as moléculas. A pressão atmosférica diminui, causando dor de cabeça, náuseas e prostração. Já em grandes profundidades, o perigo é a pressão sobre o peito do mergulhador, um obstáculo ao trabalho dos músculos na respiração. Até a volta pode ser perigosa, tanto das alturas quanto das profundezas. É que a coordenação motora, a lucidez e a capacidade de raciocínio rápido ficam comprometidas.

Limites à prova

No mar ou na montanha, saiba o esforço que seu corpo faz para controlar a respiração.

8 000 metros - Zona fatal

No topo do Monte Everest, o pico mais alto do mundo, o aventureiro consegue respirar apenas 30% do oxigênio necessário. Os poucos alpinistas que conseguiram chegar lá sem tubos de oxigênio aguentaram uma hora e meia, no máximo. Mais do que isso, é morte certa.

5 000 metros - Alerta vermelho

A capacidade de adaptação do organismo diminui muito. Aumenta o risco de edemas por acúmulo de líquidos no pulmão ou no cérebro.

3 600 metros - Sufoco andino

La Paz, na Bolívia, é a capital mais alta do mundo. Seus 700 000 habitantes estão acostumados ao ar rarefeito da Cordilheira dos Andes. Lá, é comum mascar folhas de coca para atenuar os efeitos da altitude.

2 800 metros - O corpo sofre

O organismo começa a responder à redução do oxigênio. No início, você passa a respirar mais depressa e mais profundamente. A frequência cardíaca também aumenta, para distribuir o oxigênio a todas as células com mais eficiência. A partir do terceiro dia nesta altitude, o corpo se adapta e começa a produzir mais hemoglobina, a molécula sanguínea que transporta o oxigênio.

Nível do mar

Aqui, você tem uma coluna de ar sobre a cabeça, que corresponde a 1 atmosfera, a unidade de medida da pressão atmosférica.

10 metros - Mergulhar de cabeça

A cada 10 metros que você desce, a pressão aumenta em 1 atmosfera. O tímpano, a membrana do ouvido, pode ser empurrado para dentro, provocando dor. Para que ele não se rompa, é preciso fazer a chamada "manobra de Valsava": tape o nariz e a boca e faça força para expirar até que as pressões se igualem.

40 metros - O canto das sereias

Nesta profundidade, a pressão é de 5 atmosferas. Os mergulhadores precisam usar um cilindro de ar comprimido. O nitrogênio, aqui, é um vilão. Ele interfere nos estímulos nervosos causando a "embriaguez das profundidades". Se o retorno à superfície for muito rápido, acontece a embolia, que é a formação de bolhas no sangue. Resultado: deformação ou, até mesmo, rompimento do pulmão.

300 metros - Trabalho submarino

Para trabalhar nas plataformas de exploração de petróleo submarino, os mergulhadores precisam adaptar-se lentamente em câmaras especiais, onde respiram uma mistura de hélio, oxigênio e nitrogênio.

Emergência a bordo

Seria impossível viajar de avião, acima dos 10 000 metros, se as cabines não fossem supridas de ar pressurizado. Nessa altitude, a quantidade de oxigênio no ar é insuficiente. Se, por algum motivo, ocorre uma queda de pressão, uma máscara garante o suprimento necessário de oxigênio. Do contrário, os passageiros perderiam a consciência em poucos minutos.

Quem sabe é super

O recorde oficial de profundidade para a perigosa e desaconselhável atividade do mergulho sem equipamento é de 130 metros, obtido pelo cubano Francisco "Pipún" Ferras, ao largo do Cabo San Lucas, México, no dia 10 de março de 1996.

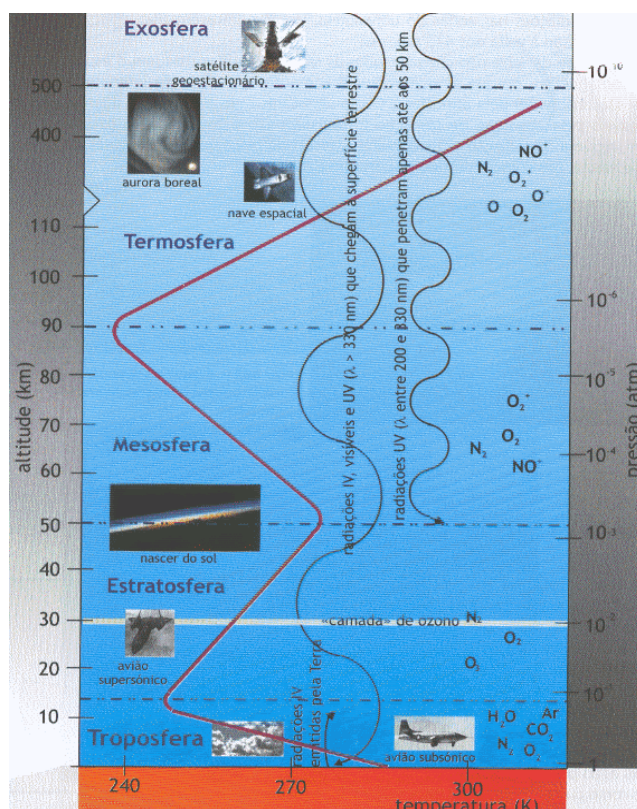
Revista Superinteressante. Setembro, 1998.

Disponível em: <http://super.abril.com.br/saude/pressao-altos-baixos-443004.shtml>.
Acesso: 30 ago. 2014.

Estamos rodeados por uma imensa massa de ar constituída de gases, que compõem a nossa atmosfera. Ela se estende por cerca de 1000 km de altitude e sua distribuição não é uniforme, sendo composta por aproximadamente 78% de gás nitrogênio, 21% de oxigênio, 0,04% de gás carbônico, e 0,96% de gases raros (hélio, neônio, argônio, criptônio, xenônio e radônio). Esses gases permanecem ao redor da Terra, pois estão sujeitos à ação gravitacional. A medida que a altitude aumenta, o ar vai se tornando rarefeito, ou seja, menos denso. Esse fenômeno se explica pelo fato de o ar ter massa e, portanto, ser afetado pela ação da gravidade, o que leva as moléculas dos gases que o compõem a concentrarem-se em maior número perto da superfície, onde a ação da gravidade é maior. Em altitudes elevadas, por ser menor a atração gravitacional, existem menos moléculas de gás e, conseqüentemente, a densidade atmosférica é menor.

A troposfera é a camada mais baixa da atmosfera terrestre e se estende até cerca de 10 km de altura. Nela estão distribuídos aproximadamente 75% da massa total de ar que envolve a Terra. A camada seguinte, que se estende quase até 50 km de altura, é denominada estratosfera. Nela há uma camada de ozônio que absorve a radiação ultravioleta do Sol. Essas radiações são prejudiciais aos seres vivos, podendo causar danos irreparáveis a eles e até mesmo a extinção de algumas espécies. Os meios de comunicação, nos últimos anos, têm divulgado com destaque a formação de buracos na camada de ozônio, provocados por certos tipos de poluição do ar, que fazem com que maior quantidade de raios ultravioleta alcance a superfície da Terra, o que pode acarretar aumento na incidência de câncer de pele nos seres humanos.

Observe a distribuição da atmosfera terrestre na figura a seguir:



Créditos da imagem: <http://profs.ccems.pt/PauloPortugal/CFQ/Atmosfera/atmosfera2'.gif>. Acesso: 30 ago. 2014.

Figura 24: Distribuição da atmosfera terrestre.

Observe que a medida em que nos elevamos na atmosfera, a temperatura vai diminuindo na troposfera, mas, posteriormente, eleva-se na estratosfera, atingindo um valor máximo. O perfil de temperatura da troposfera, quente na parte inferior e frio na parte superior, provoca o surgimento de correntes de convecção. O ar, ao ser aquecido na superfície da Terra, expande-se, torna-se menos denso e, tende a subir **(lembre-se do experimento sobre densidade dos líquidos e a posição de equilíbrio entre eles)**. O ar de cima, por sua vez, tende a descer. Isso faz da troposfera uma região turbulenta, com suas nuvens e eventuais tempestades. Caso a troposfera apresente um perfil de temperatura estável, quente em cima e frio em baixo (o que ocasionalmente pode ocorrer numa pequena região da troposfera) teremos a chamada inversão térmica. Uma das consequências dessa inversão térmica é a de impedir a dispersão dos poluentes pelas correntes de convecção.

Na estratosfera, a temperatura aumenta com o aumento da altitude, o que torna essa região mais estável e calma, sem a presença das correntes de convecção.

Os gases da atmosfera são atraídos gravitacionalmente pela Terra e isso faz com que o ar tenha PESO. Por isso, a camada atmosférica que envolve a Terra, atingindo uma altura de dezenas de quilômetros, exerce uma pressão na superfície do planeta e em todos os corpos nele existentes. Essa pressão é chamada **pressão atmosférica**. Quanto maior a altitude, menor é a densidade do ar atmosférico e, por conseguinte, menor a pressão exercida por ele.

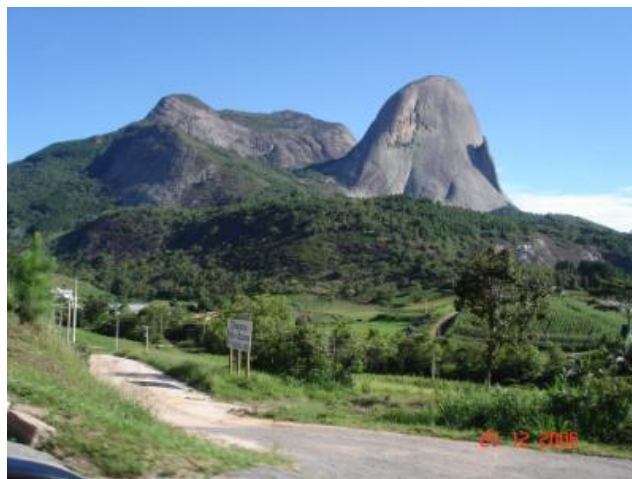


Figura 25: Imagem do Parque Estadual de Pedra Azul localizado no Espírito Santo.

Na figura anterior, mostramos uma imagem do Parque Estadual de Pedra Azul em Domingos Martins – ES - Brasil. Esse Parque fica localizado em uma cidade que está a aproximadamente 540 metros acima do nível do mar. É comum, quando viajamos para cidades que estão localizadas acima do nível do mar, tal como Domingos Martins, sentirmos um desconforto auditivo. Esse desconforto está relacionado com a redução da pressão devido ao aumento da altitude.

Convencionou-se que a pressão atmosférica ao nível do mar tem valor de uma atmosfera (1atm), de modo que, conforme aumenta a altitude, os valores medidos de pressão atmosférica diminuem, sendo sempre menores que 1atm. Em locais abaixo do nível do mar, os valores da pressão atmosférica aumentam à medida que se desce, sendo sempre maiores que 1atm.

Evangelista Torricelli (1608-1647)



Créditos da imagem:

<http://www.biografiasyvidas.com/biografia/t/fotos/torricelli.jpg>. Acesso: 30 ago. 2014.

Torricelli perdeu o pai muito cedo e foi educado por um tio. Estudando as Duas Novas Ciências, de Galileu Galilei (1638), Torricelli desenvolveu os princípios mecânicos aí apresentados. Quando Galileu Galilei, em 1641, teve acesso aos trabalhos desenvolvidos por Torricelli, propôs ao mesmo que fosse residir em Florença.

*Depois da morte de Galileu, Torricelli foi nomeado matemático do grão-duque e professor de matemática na Academia Florentina. A invenção chefe de Torricelli foi o barômetro de mercúrio, que surgiu da necessidade de resolver um problema prático dos fabricantes de bombas hidráulicas que não conseguiam elevar a água à uma altura maior que 10 metros. Torricelli usou o mercúrio para tentar explicar o problema da sucção. Em 1643, ele criou o primeiro barômetro, cuja descoberta perpetuou sua fama e o **torr**, unidade de pressão usada em medidas de vácuo, foi concebida em sua homenagem. Doze anos antes das observações de Torricelli, René Descartes, o filósofo francês, fez as mesmas observações, mas não parece que ele as tenha levado em conta. Torricelli faleceu em Florença poucos dias depois de contrair febre tifoide.*

Em todos os planetas e satélites naturais que possuírem atmosfera, existirá uma pressão atmosférica com certo valor. No caso da Lua, como a atmosfera é altamente rarefeita, a pressão atmosférica é próxima de zero.

Medida da pressão atmosférica

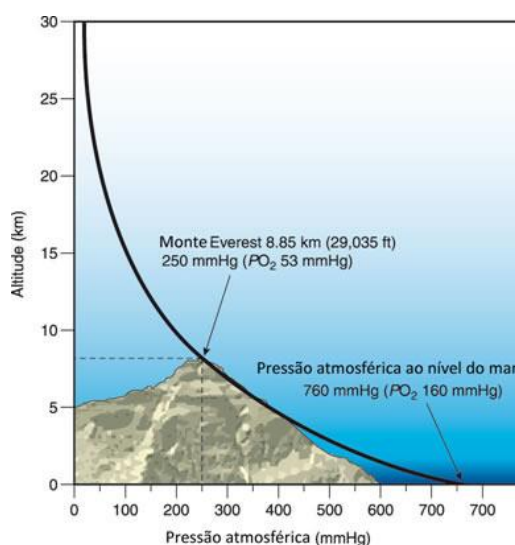
Até a época de Galileu Galilei (1564 - 1642), a existência da pressão atmosférica era desconhecida pela maioria das pessoas, até mesmo, contestada por muitos estudiosos da época. O físico italiano evangelista Torricelli (1608 – 1647), contemporâneo e amigo de Galileu, realizou uma famosa experiência que, além de demonstrar que a pressão atmosférica existe realmente, permitiu medir o seu valor.

Para realizar sua experiência, Torricelli encheu completamente de mercúrio (simbolizado do Hg) um tubo de vidro, com cerca de 1,0 m de comprimento, fechado em uma das extremidades. Tampando a extremidade livre e invertendo o tubo, mergulhou essa extremidade em um recipiente também contendo mercúrio. Ao destampar o tubo, Torricelli verificou que a coluna líquida descia, até estacionar a uma altura de 76 cm acima do nível do mercúrio no recipiente. Concluiu assim, que a pressão atmosférica atuando na superfície do líquido no recipiente, conseguia equilibrar a coluna de mercúrio. No tubo, acima do mercúrio, haveria a formação de vácuo, e se fosse feito um orifício nessa região, de modo que a entrada de ar fosse possível, a coluna desceria até se nivelar com o mercúrio do recipiente.

Como a altura da coluna líquida no tubo era de 76 cm, Torricelli chegou à conclusão de que o valor da pressão atmosférica, equivale à pressão exercida por uma coluna de mercúrio de 76 cm de altura, isto é:

$$p_{\text{atm}} = 76 \text{ cmHg}$$

A pressão de 76 cmHg é definida como sendo equivalente a 1,0 atmosfera. O valor de $p_{\text{atm}} = 76 \text{ cmHg}$ é obtido quando realizamos o experimento ao nível do mar. O cientista e filósofo francês Blaise Pascal (1623 – 1662) repetiu a experiência realizada por Torricelli no alto de uma montanha e verificou que o valor da pressão atmosférica era menor do que ao nível do mar. Esse era um resultado esperado, pois quanto maior for a altitude do local, mais rarefeito será o ar e menor será a coluna de ar que estará atuando na superfície do mercúrio. Se a experiência fosse realizada, por exemplo, no alto do Monte Everest, a mais alta montanha da Terra localizada na cordilheira do Himalaia, na fronteira entre a República Popular da China (Tibete) e o Nepal, a coluna de mercúrio no tubo desceria até cerca de 25cm de altura, isto é, naquele local, $p_{\text{atm}} = 25 \text{ cmHg}$. Assim, a pressão atmosférica é tanto menor quanto maior for a altitude do local, como indica o gráfico a seguir.



Créditos da imagem: <http://www.alunosonline.com.br/upload/conteudo/images/altitude-e-pressao-atmosferica.jpg>. Acesso em: 30 ago. 2014.

Figura 26: Variação da pressão atmosférica com a altitude.

A experiência de Torricelli poderia ser realizada utilizando-se outros líquidos no lugar do mercúrio. Entretanto, o mercúrio foi o mais usado em virtude de sua grande densidade, o que acarreta uma coluna líquida de altura não muito grande. Se a experiência fosse realizada com água, por exemplo, como a sua densidade é 13,6 vezes menor que a do mercúrio, a altura da coluna de água seria 13,6 vezes maior, isto é, seria igual a 10,3m.

Otto von Guericke (1602-1686)



Créditos da imagem:

<http://img.welt.de/img/wissenschaft/crop/111307003/5508728216-ci3x2l-w 620/Otto-von-Guericke-Portraet-Kupferstich-jpg>. Acesso em: 30 ago. 2014

Estudou matemática e direito antes de trabalhar como engenheiro. Em 1646, tornou-se prefeito da cidade de Magdeburg, ocupando esse cargo por 35 anos.

Defendeu a existência do vácuo existia. Na época, acreditava-se no pensamento aristotélico de que a natureza teria horror ao vácuo, preenchendo imediatamente, a todo custo, qualquer espaço que fosse deixado sem matéria. Por volta de 1650 realizou experiências com a pressão pneumática e com o vácuo. Sua experiência mais famosa, feita em 1654, construiu dois hemisférios metálicos que se encaixavam perfeitamente formando uma esfera onde se removia o ar interior, mantendo-se os hemisférios unidos, não sendo possível separá-los nem com o esforço de diversos cavalos. Através dos estudos de Torricelli, relacionou esse fenômeno à pressão exercida pela atmosfera. Concebeu experiências sobre a propagação do som e a extinção das chamas no vácuo, projetou e construiu a primeira máquina eletrostática a partir das pesquisas de Gilbert feitas em 1672 o que o levou a teorizar sobre a natureza elétrica dos relâmpagos.

A pressão atmosférica é um dos parâmetros para observações meteorológicas, pois as mudanças acentuadas nas condições de tempo, como chuvas, frentes frias e elevações significativas de temperatura estão associadas a variação de pressão atmosférica. O barômetro é o nome dado ao instrumento utilizado para medir a pressão atmosférica. Existem diversos tipos de barômetros e esses aparelhos podem ser também utilizados como altímetro (para determinar a altitude de um lugar), pois a medida da pressão atmosférica é afetada pela altitude.

Você saberia explicar como respiramos?

A pressão atmosférica nos permite respirar. Abaixando o diafragma, ampliamos o volume de nossa caixa torácica; a pressão do ar nos pulmões é, então, reduzida, e a pressão atmosférica empurra o ar externo para o interior deles.

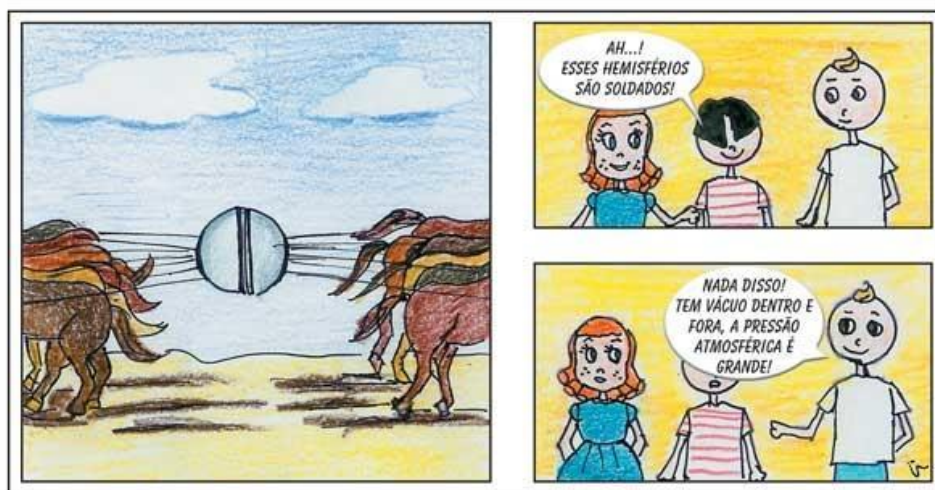
O vácuo é a ausência de certa quantidade de matéria em certa região do espaço. O vácuo perfeito, porém, não é possível na natureza, ainda que ocorram situações muito próximas dele (por exemplo, no espaço intergaláctico). O vácuo perfeito teria pressão zero. A primeira bomba de vácuo foi construída por Otto von Guericke (1602-1686), em Magdeburgo, na Alemanha, e permitiu-lhe fazer a famosa experiência dos hemisférios de Magdeburgo. Com os dois hemisférios, um bem adaptado ao outro, von Guericke conseguiu formar uma esfera oca de cerca de 50 cm de diâmetro. Em seguida, extraiu o ar do interior dessa esfera. Como a pressão interna foi muito reduzida, a pressão externa, pressão atmosférica, empurrou tão fortemente um hemisfério contra o outro que foram necessários vários cavalos para separá-los.



Créditos da imagem: <http://www.quepasanacosta.com/wp-content/uploads/2012/07/Hemisferios-de-Magdeburgo-da-Fundaci%C3%B3n.jpg>. Acesso: 30 ago. 2014.

Figura 27: Imagem do Hemisfério de Magdeburgo.

Sugerimos nesse momento a leitura e discussão da charge apresentada a seguir.



Créditos da charge: http://www.cbpf.br/~eduhq/html/aprenda_mais/jurema/fisica0077.jpg Acesso: 30 ago. 2014.

A pressão atmosférica nos permite ingerir líquidos utilizando canudinhos. Quando sugamos a extremidade do canudo, não estamos chupando o líquido, mas provocando uma redução na pressão do ar no interior do canudo. A pressão atmosférica, atuando na superfície do líquido, faz com que ele suba pelo canudinho. Algumas bombas, para elevação de água, têm seu funcionamento baseado nesse mesmo princípio.

Quando fazemos apenas um furo em uma lata de leite condensado (ou nas latas de óleo e azeite), o líquido não sai. Com apenas um furo na lata, a pressão atmosférica impede a saída do líquido. Com dois orifícios, o ar pode entrar na lata por um deles. Assim, a pressão do ar é a mesma no interior da lata e o líquido escoar facilmente.



Ao término dessa etapa, sugerimos que o professor realize um debate com os alunos sobre a seguinte questão: Por que o desentupidor de pias, quando pressionado contra uma superfície de mármore, fica grudado?

Essa pergunta permitirá ao professor avaliar o compartilhamento de significados sobre os conceitos discutidos.



Aqui iniciamos a segunda etapa do terceiro ciclo.

Tempo previsto para aplicação: uma hora-aula.

Atividades Experimentais Demonstrativas

O objetivo destas experiências é mostrar o que ocorre quando existe diferença de pressão entre a parte interna e externa de um corpo (objeto). Também vamos explorar a relação entre a pressão e a temperatura de uma massa gasosa a volume constante. Ao longo das atividades, também mostraremos a necessidade de oxigênio para manter a combustão e mostraremos a diminuição de pressão no interior de um recipiente no qual ocorre a combustão.

Questão prévia: Se a pressão atmosférica realmente existe, por que “não sentimos”? Por que ela não nos esmaga?

11ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade, precisaremos de uma seringa de plástico de 60 ml, sem agulha.

Inicialmente, puxaremos o êmbolo da seringa com a ponta desobstruída. Em seguida soltaremos o êmbolo. Observe o que ocorre.

Retornaremos o êmbolo para a posição original e puxaremos o êmbolo da seringa colocando o dedo na ponta a fim de vedar a entrada e saída de ar. Soltaremos o êmbolo. Observe o que ocorre.

O que ocorre no primeiro e no segundo caso quando soltamos o êmbolo? Por que isso ocorre?



Figura 28: Seringa com a ponta vedada pelo dedo.

Essa experiência exemplifica o movimento de matéria devido à diferença de pressão. A matéria sempre irá se mover da maior pressão para a menor, para tentar manter o equilíbrio. Na primeira situação, o êmbolo fica parado pois, temos uma relação de equilíbrio entre a pressão no interior e exterior da seringa (lembre-se que a “ponta” da seringa não está obstruída). Dessa forma, a pressão externa (pressão atmosférica) será igual à pressão interna. Na segunda situação, ao soltar o êmbolo, o mesmo volta para posição original (ou bem próximo dela). Como obstruímos a “ponta” da seringa, ao puxarmos o êmbolo estamos aumentando o volume ocupado pelo ar (que está aprisionado no interior da seringa), o que faz com que sua pressão diminua. A pressão atmosférica (que age externamente) torna-se assim maior que a do ar dentro da seringa. Dessa forma, devido à diferença entre a pressão externa e interna, surgirá uma força resultante que irá empurrar o êmbolo até que as pressões do ar dentro e fora se tornem iguais.

12ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade, precisaremos de uma garrafa PET de 2 litros (com tampa), água quente e água fria.

Colocaremos dentro da garrafa PET cerca de 250 ml de água quente. A água não pode estar muito quente, pois poderá derreter o plástico. Movimentaremos a garrafa de modo a promover um aquecimento uniforme da mesma. Após esse aquecimento, retiraremos toda a água e fecharemos rapidamente a garrafa.

Em seguida, despejaremos um pouco de água fria (pode ser da torneira) sobre a garrafa.

Observe o que ocorre.



Figura 29: Garrafa PET sendo amassada .

A garrafa é esmagada por “forças” que parecem agir, de fora para dentro, em todos os seus pontos. Como isso ocorre? Por que a garrafa foi esmagada?

Quando fechamos a garrafa, isolamos dentro dela um pouco de ar e bastante vapor d'água a uma temperatura maior que aquela do ar atmosférico. Como o ar interno está quente, a agitação das moléculas é grande e, por consequência dessa agitação, elas precisam de maior volume.

Ao colocarmos a garrafa em contato com a água fria, ocorrem trocas de calor. Em contato com o plástico que está sendo resfriado por água da torneira, quase todo vapor de água se condensa (torna-se líquido). A temperatura da mistura ar e vapor de água remanescente diminuem. Ambos os efeitos, condensação do vapor e diminuição da temperatura, contribuem para uma grande diminuição de pressão no interior da garrafa, que se torna bem menor que a da atmosfera. Com a diminuição da pressão interna, temos uma diferença entre as pressões que agem internamente e externamente sobre a garrafa o que causa uma força resultante que a esmaga.

13ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de uma latinha de refrigerante (ou similar) vazia, uma vela, fósforo, água fria, luvas térmicas e um pegador de alimentos.

Inicialmente, vamos colocar um pouco de água numa latinha de refrigerante e levá-la ao fogo, até a água ferver. Na imagem abaixo, fizemos esse aquecimento diretamente sobre a chama do fogão. Como alternativa a esse aquecimento,

podemos utilizar a chama da vela. Após praticamente toda a água evaporar, pegaremos a latinha (com luva própria e pegador de alimentos) e com a “boca” da latinha voltada para baixo, afundaremos rapidamente num recipiente contendo água.

Observe o que ocorre.



Figura 30: Imagem da latinha sendo esmagada.

A latinha é esmagada por “forças” que parecem agir se fora para dentro, em todos os seus pontos. Como isso ocorre? Por que a lata foi esmagada?

Com o aquecimento e a fervura da água presente no interior da lata, cria-se bastante vapor d’água e muito pouco ar dentro da lata. Ao se emborcar a latinha na água, a mesma terá a sua temperatura diminuída, o vapor d’água se condensa (formando gotículas de água) e o ar existente no interior da latinha também esfria, diminuindo a pressão no interior da latinha assim, a pressão no interior da lata fica bem menor que no exterior (onde atua pressão atmosférica local). Como a abertura da latinha é pequena, não permite que a água entre muito rápido. Como o material não suporta a força resultante que está sendo aplicada devido à diferença de pressão, a latinha é esmagada. Isso significa que o esmagamento devido à diferença de pressão ocorre mais rápido, que a entrada de quantidade significativa de água no interior da lata. Mesmo assim, uma quantidade de água penetra na latinha.

Se a boca da latinha estivesse mais obstruída (furo menor), entraria menos água e o esmagamento da latinha seria mais rápido e violento. Não optamos por esse procedimento para evitarmos acidentes. Nunca devemos obstruir completamente a boca da latinha ao colocá-la no fogo, pois a mesma poderá explodir. Talvez você já tenha presenciado frascos de desodorante aerosol colocados em fogueira. Esse

procedimento é muito perigoso e pode causar grandes danos as pessoas próximas, pois o recipiente explode.

A diferença entre a pressão atmosférica e a pressão no interior da lata é capaz de amassar a lata. Antes de retirarmos o ar, isso não acontece porque a pressão atmosférica atua tanto dentro como no exterior da lata. O fato das duas pressões serem iguais, não produz nenhuma força resultante.

14ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de uma garrafa de vidro com boca larga (semelhante as garrafas de suco de uva que podem ser compradas em supermercado), bola de soprar e água quente.

Devemos inicialmente colocar um pouco de água morna na garrafa de vidro e fazermos um pequeno aquecimento da mesma. Em seguida, jogaremos fora essa água e repetiremos o processo utilizando água bem quente. Se jogássemos água fervendo diretamente na garrafa ela poderia quebrar devido ao choque térmico.

Em seguida, jogaremos fora essa água e imediatamente adaptaremos a bola de soprar na boca da garrafa de modo a vedar perfeitamente o interior da garrafa.

Aguardaremos alguns instantes. Observe o que ocorre.



Figura 31: Bola sendo "sugada" para o interior da garrafa.

Por que o balão é sugado para o interior da garrafa?

A bola de soprar aprisiona dentro da garrafa uma massa gasosa (ar/vapor) cuja temperatura é bem superior à do ar ambiente. No momento do aprisionamento, a pressão da massa gasosa é praticamente igual à pressão atmosférica, com a qual estava em contato. O sistema – garrafa e massa gasosa – vai perdendo calor para o meio ambiente e a sua temperatura diminui. Ocorre condensação do vapor de água existente no interior da garrafa e diminuição do volume, do gás remanescente devido à diminuição da temperatura. Ambos os efeitos contribuem para uma grande redução na pressão interna. A pressão da massa gasosa aprisionada torna-se bem menor que a atmosférica. Assim, a diferença de pressão dá origem a uma força resultante que empurra a bola para o interior da garrafa.

15ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade, precisaremos de uma bola de soprar, uma garrafa de vidro, água e uma fonte térmica para aquecer a água (pode ser um mergulhão ou uma vela).

Colocaremos a bola de soprar na “boca” da garrafa. Em seguida, precisamos emergir a garrafa em um recipiente com água e fazer o aquecimento da mesma (ou através da vela fazer o aquecimento da garrafa).

Aguardaremos alguns instantes. Observe o que ocorre.



Figura 32: Balão sendo inflado ao ser aquecida a garrafa.

Por que a bola de soprar infla quando a garrafa é colocada em contato com água quente?

A garrafa, em contato com a água quente, se aquece e transfere calor para seu interior, aquecendo o ar aprisionado. A temperatura do ar aumenta e ele, se expande, inflando a bexiga. A pressão no interior da garrafa torna-se maior que a pressão externa e isso faz com que o balão seja inflado até que ocorra nova situação de equilíbrio.

16ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de um recipiente de vidro com a boca larga (semelhante a um vidro de maionese, palmito ou azeitonas), uma bola de soprar e água quente.

Despejaremos um pouco de água morna no interior do recipiente de vidro e, em seguida, sem fechar o vidro, balançaremos a água no interior do vidro, para aquecê-lo. A seguir, jogaremos essa água fora e repetiremos o processo utilizando água bem quente.

Esvaziaremos o recipiente e colocaremos a bola de soprar (inflada com ar, mas não muito cheia, apenas um pouco maior que a boca do recipiente) vedando a boca do recipiente.

Aguardaremos alguns instantes. Observe o que ocorre.



Figura 33: Bola de soprar inflada sendo "sugada" para dentro do vidro.

Por que a bola é sugada para o interior do recipiente?

Dentro do recipiente de vidro existe uma mistura aquecida de ar e vapor d'água, que não escapa devido a vedação da bola inflada. Quando o recipiente esfria, o vapor d'água se condensa e o ar em seu interior também diminui de temperatura,

provocando diminuição do volume. Esses dois fatores acarretam a diminuição da pressão no interior do recipiente. Assim, a pressão na parte externa da bola é maior que na parte interior, o que produz uma força resultante que empurra a bola para dentro do recipiente de vidro, até que as pressões se igualem.

17ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade, precisaremos de um prato fundo com água (preferencialmente colorida com tinta ou corante para facilitar a visualização), um pedaço pequeno de vela, um copo de vidro transparente e fósforos.

Primeiramente, vamos fixar o pequeno pedaço de vela no centro do prato. Em seguida, colocaremos no prato um pouco de água (o equivalente a aproximadamente 1 cm de altura). Depois disso, acenderemos a vela e colocaremos o copo sobre a vela.

Aguardaremos alguns instantes. Observe o que ocorre.



Figura 34: Água sendo "sugada" para dentro do copo.

Por que a vela se apaga? Por que a água entra no copo?

Nesse experimento, observamos que a vela se apaga instantes após colocamos o copo sobre ela. Isso ocorre porque quase todo o oxigênio foi consumido pela combustão que ocorre no interior do copo. A vela acesa aquece o ar, expandindo-o. Parte do ar escapa antes de fecharmos o sistema com o copo e por baixo desse (existem situações onde as bolhas podem ser visíveis). Após o consumo de oxigênio (e formação de CO_2) a chama se extingue e a mistura gasosa interna começa a

esfriar, produzindo a contração dessa mistura e consequente redução da pressão no interior do copo. A diferença entre a pressão externa (atmosférica) e interna provoca o surgimento de uma força resultante que empurram a água do prato para dentro do copo, até que uma nova posição de equilíbrio (pressões internas e externas iguais) seja alcançada.

18ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de massinha de modelar, uma bola de soprar, uma garrafa com boca larga (por exemplo, uma garrafa de suco de uva que pode ser adquiridos em supermercados), algodão, álcool e fósforo.

Primeiramente, faremos uma bolinha com a massinha de modelar de modo que a mesma seja ligeiramente maior que a boca do recipiente e a recobriremos com a bola de soprar para que fique “lisa”.

Colocaremos um pequeno pedaço de algodão umedecido em álcool dentro da garrafa de vidro. Em seguida, o fósforo aceso é introduzido dentro da garrafa de modo que o algodão entre em combustão (cuidado com o manuseio do álcool na presença do fogo). Imediatamente, colocaremos a massinha recoberta pela bola de soprar no gargalo do frasco.

Observe o que ocorre.



Figura 35: Massa de modelar recoberta pela bola de soprar sendo "sugada" para o interior da garrafa.

Por que a massinha é sugada para o interior da garrafa?

A massinha de modelar se desloca devido à diferença de pressão entre a parte externa e interna da garrafa. A combustão diminui a pressão no interior da garrafa

fazendo assim a pressão atmosférica ser maior que a pressão no interior da garrafa. Essa diferença de pressão dá origem a uma força resultante que empurra a massinha para o interior da garrafa. Recobrimos a massinha com a bola de soprar para que ela ficasse mais “lisa” e assim facilitasse a penetração no recipiente.

Retomando a questão prévia, depois das discussões provocadas pelas atividades experimentais propostas, sabemos que a Pressão Atmosférica existe e que ela não nos esmaga (como ocorreu na garrafa PET e na latinha), pois a nossa pressão interna e externa são iguais. Quando temos pequenas variações de pressão no nosso corpo como quando andamos de avião, por exemplo, conseguimos perceber essa oscilação através do desconforto causado no sistema auditivo e em possíveis inchaços de pé, perna e mãos.



Sugerimos a leitura do texto sobre a construção de uma miniestação meteorológica, desenvolvida na Educação de Jovens e Adultos (SANTANA, E. B.; PALHETA, F. C. A contextualização e a aprendizagem significativa: uma experiência na EJA. Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – IX ENPEC. Águas de Lindóia, SP. 2013). Sugerimos também a construção de um barômetro, a partir dos sites Pontociência (disponível em: <http://www.pontociencia.org.br/experimentos-interna.php?experimento=427&PRESSAO+NO+TOPO+DA+MONTANHA/> Acesso: 29 de set. de 2014) e Feira de Ciências (disponível em: http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_38.asp/ Acesso em: 29 set. 2014) apresentam o tutorial de fácil execução.



Aqui iniciamos a terceira etapa do terceiro ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 30min.

Lista de exercícios - Pressão atmosférica

1. Assinale verdadeiro (V) ou falso (F)
 - () A pressão atmosférica diminui com a altitude.
 - () A pressão atmosférica não depende da altitude.
 - () A pressão atmosférica é menor no pé de um morro do que no seu cume.
 - () Se você subir uma montanha com um barômetro na mão observará que a indicação da pressão atmosférica diminui.

() A pressão atmosférica no fundo de um poço é maior que na boca de um poço.

() A pressão atmosférica no alto de uma montanha é menor que na praia.

2. A camada gasosa que envolve a Terra exerce pressão sobre a superfície terrestre e sobre todos os corpos nela situados. Segundo Evangelista Torricelli, a pressão atmosférica, ao nível do mar, equivale a 760 mmHg. Com base nessas informações, se um barômetro indica, para a pressão atmosférica, o valor 70 cmHg, é possível que esse instrumento esteja situado:

a) Em uma estação meteorológica qualquer.

b) No alto de uma montanha.

c) Em um posto salva-vidas à beira mar.

d) Em um navio ancorado em um ponto qualquer.

e) No terraço de um prédio de três andares, construído numa cidade litorânea.

3. Se enchermos uma bola de soprar e levamos para o alto de uma montanha o que ocorrerá com o volume da bola? Por que isso ocorre? E se a mergulharmos no fundo de uma piscina, o que ocorre com o volume da bola? Por que isso ocorre?

4. Algumas crianças gostam de “brincar de grudar o copo na boca”. Elas simplesmente colocam o copo de vidro na boca e “sugam o ar” para que ele fique grudado. Como isso é possível? Se a criança utilizasse um copo de plástico descartável o que ocorreria?



5. A imagem ao lado ilustra um dispositivo capaz de transportar grandes peças de vidro. Como que essas “ventosas” são capazes de erguer pesadas peças de vidro?

Créditos da imagem: <http://romanotransportes.com.br/transporte-de-vidro/images/icamento-de-vidro1g.jpg>. Acesso em: 01 out. 2014.

6. (Fuvest 1994) Uma bola de futebol impermeável e murcha é colocada sob uma campânula, num ambiente hermeticamente fechado. A seguir, extrai-se lentamente o ar da campânula até que a bola acabe por readquirir sua forma

esférica. Ao longo do processo, a temperatura é mantida constante. Ao final do processo, tratando-se o ar como um gás perfeito, podemos afirmar que:

- a) a pressão do ar dentro da bola diminuiu.
- b) a pressão do ar dentro da bola aumentou.
- c) a pressão do ar dentro da bola não mudou.
- d) o peso do ar dentro da bola diminuiu.
- e) a densidade do ar dentro da bola aumentou.

7. (Fuvest 1993) O comandante de um jumbo decide elevar a altitude de voo do avião de 9000 m para 11000 m. Com relação à anterior, nesta 2ª altitude:

- a) a distância do voo será menor.
- b) o empuxo que o ar exerce sobre o avião será maior.
- c) a densidade do ar será menor.
- d) a temperatura externa será maior.
- e) a pressão atmosférica será maior.

8. (Pucpr 2006) Algumas pessoas que pretendem fazer um piquenique param no armazém no pé de uma montanha e compram comida, incluindo sacos de salgadinhos. Elas sobem a montanha até o local do piquenique. Quando descarregam o alimento, observam que os sacos de salgadinhos estão inflados como balões. Por que isso ocorre?

- a) Porque, quando os sacos são levados para cima da montanha, a pressão atmosférica nos sacos é aumentada.
 - b) Porque a diferença entre a pressão do ar dentro dos sacos e a pressão reduzida fora deles gera uma força resultante que empurra o plástico do saco para fora.
 - c) Porque a pressão atmosférica no pé da montanha é menor que no alto da montanha.
 - d) Porque quanto maior a altitude maior a pressão.
 - e) Porque a diferença entre a pressão do ar dentro dos sacos e a pressão aumentada fora deles gera uma força resultante que empurra o plástico para dentro.
-
-
-



Aqui iniciamos a primeira etapa do quarto ciclo.

Tempo previsto para aplicação: duas horas-aula.

Lei de Stevin: Variação da pressão com a profundidade

Vamos iniciar a discussão desse novo conceito assistindo um vídeo, disponível no seguinte endereço eletrônico: <https://www.youtube.com/watch?v=1nfT7XrzCe0/>.

Esse vídeo apresenta uma experiência realizada com uma motocicleta que é inserida em um tanque onde a pressão pode ser alterada.



Iniciamos esse estudo com a apresentação de um vídeo como organizador prévio. Após o debate desse vídeo, sugerimos a leitura e discussão do texto a seguir: “Morte de mergulhador expõe os riscos de um esporte em ascensão” (disponível em: <http://noticias.uol.com.br/internacional/ultimas-noticias/the-new-york-times/2013/11/20/morte-de-mergulhador-expoe-os-riscos-de-um-esporte-em-ascensao.htm/>). O texto aborda um acidente envolvendo um praticante de apneia e discute as consequências do aumento da pressão sobre o corpo humano.

Morte de mergulhador expõe os riscos de um esporte em ascensão

Fonte: <http://noticias.uol.com.br/internacional/ultimas-noticias/the-new-york-times/2013/11/20/morte-de-mergulhador-expoe-os-riscos-de-um-esporte-em-ascensao.htm>. Acesso em: 03 nov. 2014.

The New York Times

John Branch, Adam Skolnick, William J. Broad e Mary Pilon 20/11/2013 06h00

Nicholas Mevoli economizou dinheiro de vários empregos para pagar por uma busca sem fim de prender sua respiração e afundar seu corpo o mais distante possível no oceano.

Ele praticava em banheiras e em piscinas no Brooklyn, até mesmo vendo quão longe podia correr com uma só aspiração de ar. Durante aproximadamente os últimos dois anos, o mergulho livre consumiu sua vida, o transformando de um novato a um detentor do recorde nacional.

Mas, no domingo (17), na busca de outro recorde em um campeonato em uma enseada escondida nas Bahamas, diante dos melhores mergulhadores em apneia do mundo, Mevoli chegou à superfície - mas ele não estava bem.

Após mergulhar até 68 metros, ele fez uma pausa e então chegou aos 72 metros antes de voltar. Após permanecer debaixo d'água por 3 minutos e 38 segundos, Mevoli arrancou seus óculos e caiu rapidamente inconsciente. E morreu logo depois.

A vida e a morte de Mevoli refletem tanto o espírito de um esporte em rápido crescimento quanto seus riscos. Sua ascensão de novato a detentor de recorde em pouco menos de um ano serve tanto

como inspiração quanto como alerta para um mundo de mergulhadores cuja estrela ascende à medida que as profundezas que atingem aumentam.

O mergulho livre (ou em apneia), com raízes ancestrais nos mergulhadores à procura de alimentos e tesouros do milênio anterior, é praticado por dezenas de milhares de mergulhadores recreativos certificados, monitorados por uma teia de agências de mergulho livre, incluindo a AIDA, a Associação Internacional para o Desenvolvimento da Apneia, a entidade que rege o esporte. (...)

A organização disse, em uma declaração na segunda-feira (18), que Mevoli foi a primeira morte em mais de 20 anos de suas competições. Ela planeja analisar o acidente "para aprender o que podemos fazer para prevenir lesões graves". (...)

Mevoli, como seus amigos audaciosos e concorrentes, desdenhava o risco. Ele amava a pureza do mergulho livre, homem contra a água, homem contra si mesmo, sem snorkel ou cilindro de oxigênio. Nadar até as profundezas do oceano até a água passar de azul a preta e a luz dar lugar à escuridão. Descendo, descendo, cada metro descido no abismo significando outro metro que precisa ser vencido para voltar à luz.

"A água é a aceitação do desconhecido, dos demônios, das emoções, de soltar e permitir a si mesmo fluir livremente com ela", escreveu Mevoli em um blog, em junho. "Venha à água disposto a ser consumido por ela, mas também confiante de que sua habilidade trará você de volta."

Mas, à medida que os mergulhadores livres descem, eles experimentam um rápido encolhimento dos pulmões e a compressão dos gases em seu interior. Isso enriquece a corrente sanguínea com os dois principais componentes do ar: oxigênio e nitrogênio.

Um risco é a narcose por nitrogênio, ou "embriaguez das profundezas", que provoca uma estupidez eufórica que encoraja a tomada de riscos. A embriaguez surge quando o excesso de nitrogênio na corrente sanguínea e nos órgãos retarda os impulsos nervosos. Acredita-se que o efeito fisiológico seja semelhante à ação do óxido nítrico, um anestésico que provoca sensações prazerosas.

Essa embriaguez, dizem os especialistas, pode ter levado Mevoli a desprezar os sintomas de risco e retomar repentinamente sua tentativa de um mergulho mais profundo. Ele fez uma pausa e parecia que ia voltar à superfície a 68 metros, mas então se virou e voltou a mergulhar mais fundo.

Especialistas médicos dizem que problemas podem surgir quando um mergulhador desce cada vez mais e as pressões da água continuam crescendo.

"Há um limite para a compressão pulmonar quando você mergulha fundo", disse Paul J. Ponganis, um anestesiológista praticante e um fisiologista da Instituição Scripps de Oceanografia em San Diego. "Esse esporte está sempre testando esse limite."

O sangue das pernas e braços é forçado para o coração e para a cavidade torácica, que as costelas e outras estruturas torácicas protegem de colapso total nos seres humanos. Geralmente o corpo de um homem adulto contém cinco litros de sangue, e estudos mostram que as pressões externas sobre os mergulhadores podem enviar até um litro de sangue a mais para a cavidade torácica.

Inicialmente, o aumento de sangue ao redor do coração e pulmões é bom, fornecendo ao mergulhador oxigênio vital.

Mas, à medida que as pressões crescem, o corpo humano frágil é transformado em um tipo de panela de pressão, que é espremido duramente por todos os lados --pela pressão extrema da água externamente e pela pressão sanguínea internamente.

Ponganis disse que Mevoli provavelmente sufocou, com seus pulmões incapazes de absorver o oxigênio vital no ar. Mas ele alertou que apenas uma autópsia poderia detalhar a causa provável de morte.

"É um caso triste", ele disse. "Para mim, é um esporte muito perigoso. Ele pressiona sua fisiologia até o limite." (...)

Pressão e pulmões

As criaturas marítimas são feitas principalmente de água, que é virtualmente incompressível, de forma que prosperam.

Mas os seres humanos são cheios de vazios --principalmente nos pulmões. Quando os seres humanos descem a grandes profundidades, a pressão crescente força os pulmões a encolherem de tamanho.

Os mamíferos marinhos que rotineiramente mergulham profundamente possuem pulmões que entram totalmente em colapso. Alguns possuem peitos construídos como acordeões --projetados para dobrar. Baleias, focas e outros mamíferos que mergulham em águas profundas armazenam oxigênio não em seus pulmões, mas em redes de músculos poderosos.

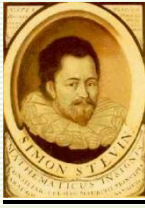
Para os seres humanos, as profundezas esmagadoras apresentam desafios únicos. O mergulho autônomo (Scuba) atenua o obstáculo mais óbvio com cilindros de oxigênio. Mergulhadores casuais costumam descer até não mais que 30 metros, limitando as pressões da água e as contrações pulmonares que experimentam.

Mas, à medida que os mergulhadores livres descem, eles experimentam um rápido encolhimento dos pulmões e a compressão dos gases em seu interior. Isso enriquece a corrente sanguínea com os dois principais componentes do ar: oxigênio e nitrogênio.

A água é quase 1.000 vezes mais densa que o ar, e a pressão enorme de seu simples peso cresce rapidamente durante a descida. À medida que você desce, por peso, cada 10 pés cúbicos de água do mar equivale aproximadamente a 1 pé cúbico de chumbo.

Francisco Ferreras-Rodriguez, de Cuba, que estabeleceu o recorde mundial de mergulho sem auxílio de equipamento de respiração, mergulhou em 1996 a uma profundidade de 133 metros. Estudos posteriores mostraram que a pressão do mar a 120 metros comprimiu o tamanho do peito dele em mais da metade --reduzindo-o de uma circunferência de 1,27 metro na superfície para 0,5 metro.

Simon Stevin (1548 - 1620)



Créditos da imagem:

<http://www.geocities.ws/saladefisica9/biografias/stevin.html> Acesso: 30 ago. 2014.

Iniciou sua carreira profissional como coletor de impostos. Em 1583 entrou na universidade e após formar-se, passou a ensinar matemática. Em 1585 publicou uma obra de grande influência na engenharia, na prática comercial e na notação matemática. Em 1593 assumiu importante posto no exército holandês, se tornando um grande engenheiro militar e ocupando, até a sua morte, importantes cargos no governo.

Destacou-se no estudo da estática e da hidrostática, apresentando importantes trabalhos sobre o deslocamento de corpos mergulhados em água e a explicação do paradoxo da hidrostática - a pressão de um líquido independe da forma do recipiente, depende apenas da altura da coluna líquida. Influenciado pelas teorias de Da Vinci, pesquisou o comportamento hidrostático das pressões. Estudou também a queda dos corpos de pesos diferente. Dedicou-se ao cálculo a declinação magnética da Terra e demonstrou geometricamente a impossibilidade de funcionamento de um dispositivo mecânico que trabalha infinitamente sem requerer energia. Traduziu obras gregas, projetou o primeiro veículo com tração dianteira, escreveu sobre as aplicações práticas de alguns princípios mecânicos, estudo dos ventos, astronomia copernicana, direitos civis, escalas musicais e sua matemática foi valiosa para o desenvolvimento do algebrismo.

Como discutido anteriormente, a pressão atmosférica diminui à medida que nos elevamos na atmosfera. Isso ocorre, pois, o peso da camada de ar, que exerce pressão atmosférica em um dado local, é tanto menor quanto maior for à altitude desse local.

Quando mergulhamos em uma piscina, observamos uma situação semelhante. À medida que afundamos na água podemos perceber o aumento da pressão causado pelo aumento do peso da camada líquida. A pressão em um ponto é tanto maior quanto maior for a profundidade desse ponto. Esse fato ocorre em todos os fluidos, de modo geral.

A dor no interior da orelha que uma pessoa sente quando mergulha se deve ao fato de a pressão aumentar com a profundidade.

Na figura a seguir, representamos um líquido em repouso.

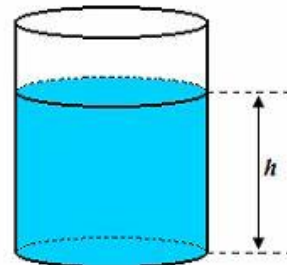


Figura 36: Cilindro preenchido por um líquido de altura h .

A abordagem que faremos poderá ser utilizada para qualquer fluido em repouso. A pressão (p), exercida exclusivamente pelo líquido de densidade (ρ) sobre a base do recipiente à profundidade (h), num local de aceleração da gravidade (g), é dada pela expressão:

$$p = \rho \cdot g \cdot h$$

Observe a figura abaixo:

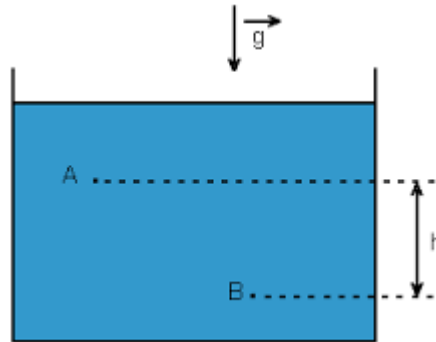


Figura 37: Diferença de profundidade entre dois pontos de um mesmo líquido.

Na figura, representamos dois pontos no interior de um fluido de densidade ρ e separados por uma diferença de nível correspondente a h . A relação entre a pressão entre esses dois pontos é dada por:

$$p_B = p_A + \rho \cdot g \cdot h$$

Observe que a diferença de pressão entre os pontos A e B é diretamente proporcional à diferença de nível entre eles. Essa expressão é conhecida como a Lei de Stevin, em homenagem a Simon Stevin e pode ser enunciada da seguinte maneira:

A diferença de pressão entre dois pontos no interior de um líquido em repouso é igual ao produto da densidade desse líquido pela aceleração da gravidade local e pelo desnível vertical entre esses dois pontos.

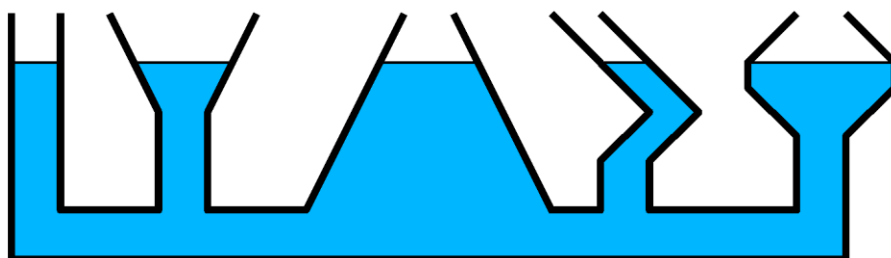
Suponha que um dos pontos esteja na superfície do líquido (ponto A) e o outro a uma profundidade h (ponto B). A pressão no ponto A será a atmosférica (p_{atm}) e a pressão (p) no segundo ponto pode ser obtida pela seguinte relação:

$$p = p_{atm} + \rho \cdot g \cdot h$$

A pressão total exercida no interior de um líquido em repouso a uma determinada profundidade h é dada pela soma da pressão atmosférica (p_{atm}) com a pressão exercida pela coluna líquida. Observe que se $h = 0$, ou seja, estamos na superfície

do líquido, $p = p_{atm}$ e que a medida que mergulhamos no líquido (aumentamos a profundidade e consequentemente o valor de h) a pressão vai aumentando.

Assim, a pressão em um dado ponto no interior do líquido, é constituída de duas parcelas: uma referente a pressão exercida na superfície livre do líquido (p_{atm}) e a outra correspondente a pressão produzida pelo peso do próprio líquido ($\rho \cdot g \cdot h$). A pressão exercida propriamente pelo líquido ($\rho \cdot g \cdot h$), para um dado líquido, em um dado local, só depende da profundidade. Na figura seguinte, a pressão no fundo do recipiente que contém um determinado líquido é a mesma em todos os pontos, embora os vasos tenham formas diferentes e quantidades distintas de líquidos.



Créditos da imagem: http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/Communicating_vessels.png. Acesso: 30 set. 2014

Figura 38: Imagens de Vasos comunicantes de formatos diferentes.

Observa-se, que a pressão em qualquer ponto do fluido independe da forma do recipiente ou da porção do líquido escolhida. O fator determinante na pressão é apenas a altura da coluna de fluido escolhida.

Destacamos que, quando dois pontos de uma mesma porção de um mesmo líquido em equilíbrio estão no mesmo nível, significa que estão submetidos à mesma pressão. A diferença de pressão entre dois pontos de um líquido homogêneo em equilíbrio é dada pela pressão exercida pela coluna de líquido entre eles.

As observações do fundo dos oceanos

Para explorarmos o fundo dos oceanos é necessário superar a variação da pressão devido ao aumento da profundidade. A cada 10 metros de profundidade a pressão aumenta aproximadamente 1 atmosfera (1 atm). O recorde de profundidade em mergulho foi obtido pelo oceanógrafo suíço Jacques Piccard em 23 de janeiro de 1960, que juntamente com o tenente da Marinha Americana Donald Walsh, comandaram o submersível Trieste I, descendo cerca de 11 000 metros em uma das fossas das Marianas. A Fossa das Ilhas Marianas, localizada no Oceano Pacífico,

cerca de 2 500 quilômetros a leste das Filipinas, é o ponto mais profundo da Terra, com cerca de 11500 m. O submersível é um pequeno submarino, muito mais resistente à pressão. Desde então, nenhum outro ser humano conseguiu fazer tal façanha. Somente dois robôs voltaram a essa profundidade: o japonês Kaikô, em 1995, e o americano Nereus, em 2009.

Os veículos submergíveis destinados a mergulhos profundos são denominados de batiscafo. A imagem abaixo ilustra um desses aparelhos, construídos por Piccard, com a estrutura esférica para distribuir melhor a pressão ao longo de todo o casco.



Créditos da imagem: <http://3.bp.blogspot.com/-7swik0TbsC0/UQ79VpAumI/AAAAAAAAAmtw/S6yAwAqpOv0/s1600/profimedia-0026842053.jpg>. Acesso: 30 set. 2014.

Figura 39: O batiscafo construído por Auguste e Jacques Piccard.

Em 2011, um submarino chinês conseguiu pela primeira vez descer com tripulantes a bordo a mais de 5.000 metros de profundidade. A operação, com três tripulantes a bordo, foi realizada sob as águas do nordeste do Oceano Pacífico e alcançou 5.057 metros de profundidade, mantendo essa profundidade durante meia hora. A imersão durou um total de seis horas. O submarino foi projetado para superar 7.000 metros de profundidade, está destinado à pesquisa científica e à exploração das riquezas naturais dos fundos marinhos. Na década de 1980, o submarino que conseguia ir mais fundo era o russo K – 278, alcançando a profundidade de 1250 m.

No estado do Espírito Santo existe uma empresa especializada na fabricação de tubos flexíveis destinados a exploração do petróleo. Além de não possuírem emendas, esses tubos são fabricados de modo a suportar as altas pressões envolvidas nessa atividade.

Vasos Comunicantes

Sugerimos que nesse momento seja iniciado com a discussão da situação-problema: as duas caixas apresentadas na figura possuíam alimentação de água independente, entretanto estavam interligadas em suas saídas de água. A noite, a caixa maior sempre transbordava. Como podemos explicar essa situação?



A resposta está relacionada ao fato dessas caixas estarem acopladas como “vasos comunicantes”. À noite, o consumo de água é reduzido e as caixas tendem a ficarem cheias. Observamos na figura que a caixa menor tem seu nível localizado acima do nível da caixa maior. Como as duas caixas estavam interligadas, quando o nível de água na caixa menor ficava acima do nível de água da caixa maior, devido ao sistema de alimentação das caixas serem independentes, a água começava a escoar para a caixa maior que transbordava.

Dentre os mais variados exemplos de utilização da Lei de Stevin podemos citar os vasos comunicantes. É com base neste princípio que as caixas de distribuição de água das casas e das cidades são construídas. Você já observou que os reservatórios de distribuição de água sempre estão localizados nos pontos mais altos das casas ou das cidades?

Segundo a Lei de Stevin, a diferença de pressão entre dois pontos de um líquido é diretamente proporcional ao desnível vertical entre eles. Para quaisquer pontos situados a mesma superfície horizontal, o desnível vertical é nulo, o que implica que esses pontos estão submetidos à mesma pressão. A partir da Lei de Stevin, também

podemos concluir que pontos, submetidos à mesma pressão devem se situar na mesma superfície horizontal. Assim, a superfície livre de qualquer líquido em equilíbrio submetido apenas à pressão atmosférica é sempre horizontal. **A rigor, a superfície dos líquidos não é horizontal, mas acompanha a superfície terrestre, portanto é esférica. Para uma pequena região que observamos, podemos considerar a superfície como sendo horizontal.**

Observe a figura abaixo:



Figura 40: Imagem de um recipiente contendo um líquido em repouso.

Uma aplicação imediata da Lei de Stevin são os vasos comunicantes, como os da figura a seguir. Nos vasos comunicantes, a superfície livre de líquido em repouso, se mantém na mesma horizontal, independente da forma do recipiente. Eles não precisam ter seus tubos de mesmo tamanho nem possuir a mesma forma, apenas precisam ter suas bases interligadas.



Créditos da imagem:

http://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1335266519/contido/laboratorio/GALERIA%20DEFINITIVA%20FISICA/reoloxia/pages/r001_vasos_comunicantes.htm. Acesso: 30 set. 2014.

Figura 41: Imagem de vasos comunicantes de diferentes formatos.

Nos vasos comunicantes a superfície se mantém na mesma horizontal, independentemente da forma do recipiente. Os vasos comunicantes não precisam

ter seus tubos do mesmo tamanho nem possuir a mesma forma, apenas precisam ter as bases ligadas por meio de um tubo.

Na figura seguinte ilustramos algumas imagens de outros vasos comunicantes.



Créditos das imagens (Esquerda) <http://3.bp.blogspot.com/-i7w4ZznjZLV/UTXcZRFiFXI/AAAAAAAAACyg/pW98ICE-YIY/s72-c/toilet-bowl1.gif>. (Direita) <http://cienciasnaweb.xpg.uol.com.br/aulas/6/arquivos/sifao.gif>. Acesso: 30 set. 2014

Figura 42: Imagem de vasos comunicantes.

Quando colocamos um líquido qualquer nesses vasos e esperemos que seja atingida a situação de equilíbrio, observamos que os pontos situados em um mesmo nível horizontal, devem estar submetidos a pressões iguais, pois, do contrário, o líquido não estaria em equilíbrio. Isso implica que as alturas da coluna líquida de todos os ramos são iguais. Em vasos comunicantes, um dado líquido atinge alturas iguais todos os ramos, independente de suas formas ou tamanhos.

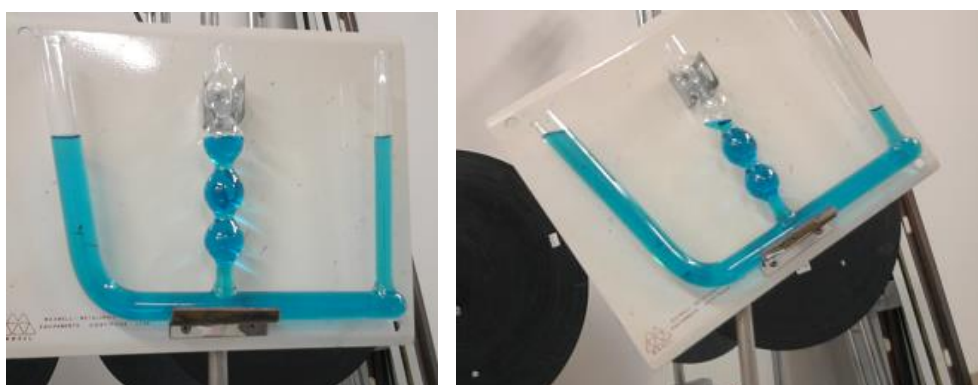
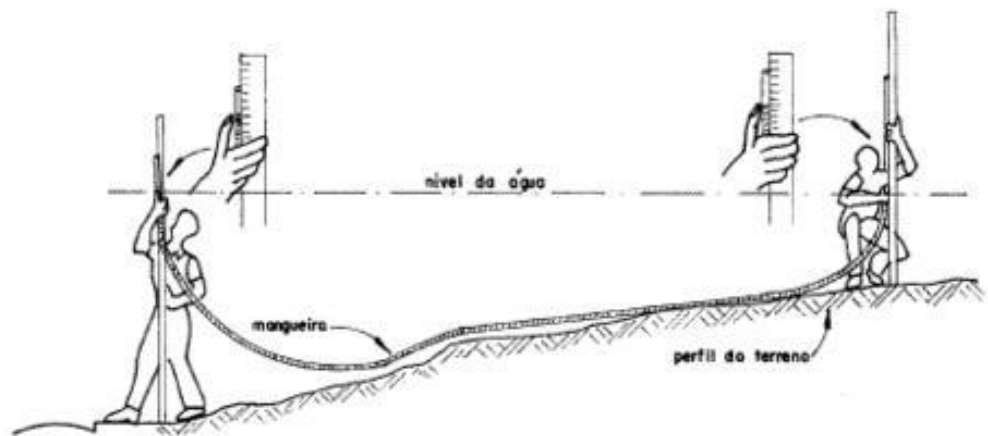


Figura 43: Imagem de vasos comunicantes.

O nivelamento dos líquidos em vasos comunicantes possui algumas aplicações práticas. O uso de mangueira transparente com água em seu interior, utilizada por pedreiros na construção civil para nivelar dois pontos de uma obra usa os princípios da hidrostática, especificamente os vasos comunicantes. Ajustando o nível da água em um dos ramos da mangueira a um ponto de uma parede, eles podem, com o outro ramo, nivelar ou identificar se a obra está nivelada.



Crédito da imagem: http://sp7.fotolog.com/photo/55/59/26/civil4/1209597667_f.jpg. Acesso: 30 set. 2014.

Figura 44: Utilização da mangueira de nível.

As caixas d'água das casas recebem água do reservatório da cidade, sem a necessidade de uma bomba elevatória devido a essa propriedade. A caixa deve estar em um nível mais baixo do que o reservatório da cidade.

Quando um poço artesiano é cavado, o fato de a água jorrar da terra se deve à mesma propriedade. O lençol subterrâneo, de onde provém a água, apresenta perfil topográfico de modo que o posicionamento do poço está em um nível inferior, permitindo que a água jorrar.



Créditos da imagem: http://portaldoprofessor.mec.gov.br/storage/discovirtual/aulas/3124/imagens/aula_01_julho_09_4.jpg.

Acesso: 30 set. 2014.

Figura 45: Imagem de um poço artesiano.



Sugerimos que nesse momento sejam discutidas duas questões com os estudantes. O objetivo desse momento é avaliar o compartilhamento de significados e intervir, caso necessário, para que os conceitos sejam consolidados.

- (1) Por que a pressão sanguínea é medida no antebraço, na altura do coração?*
- (2) Como devem ser os vidros utilizados na construção de grandes aquários?*

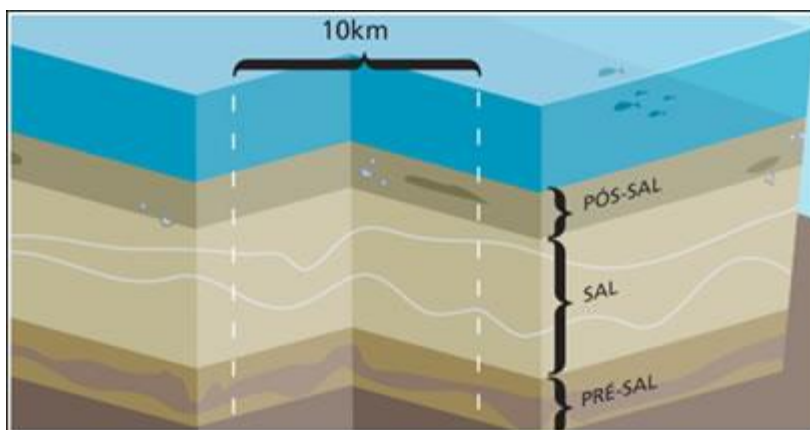
Após a discussão dessas questões, sugerimos a leitura dos textos “Pré-sal – desafios” e “O tamanho do desafio”.

Pré-Sal – Desafios

Em virtude dos obstáculos de uso do petróleo da camada Pré-sal, serão necessários fortes investimentos em tecnologia.

Autores: Equipe Brasil Escola

As reservas petrolíferas descobertas na camada pré-sal, localizada em uma área de 200 quilômetros de largura e 800 quilômetros de extensão, que vai do Espírito Santo a Santa Catarina, estão a 7 mil metros abaixo do nível do mar. A exploração desse petróleo poderá triplicar a produção nacional, no entanto, existem muitas dúvidas sobre como e quais as consequências desse processo.



A existência e a boa qualidade desse petróleo já foram confirmadas pela Petrobras, que já realizou a perfuração de aproximadamente 30 poços (de acesso mais fácil). Porém, não se sabe, ao certo, o volume do produto nas profundezas do mar. Outro fator a ser superado refere-se à forma de ultrapassar uma lâmina d'água de mais de 2 quilômetros, uma camada de mais de 1 quilômetro de sedimentos e outra superior a 2 quilômetros de sal para que se possa retirar o petróleo com segurança sem que haja acidentes ambientais.

Os gastos com investimentos em tecnologia são altíssimos e devem apresentar resultados eficazes. Nesse sentido, foi criado o Programa Tecnológico para o Desenvolvimento da Produção dos Reservatórios Pré-sal (Pro -sal), que desenvolve pesquisas com o apoio de universidades. As

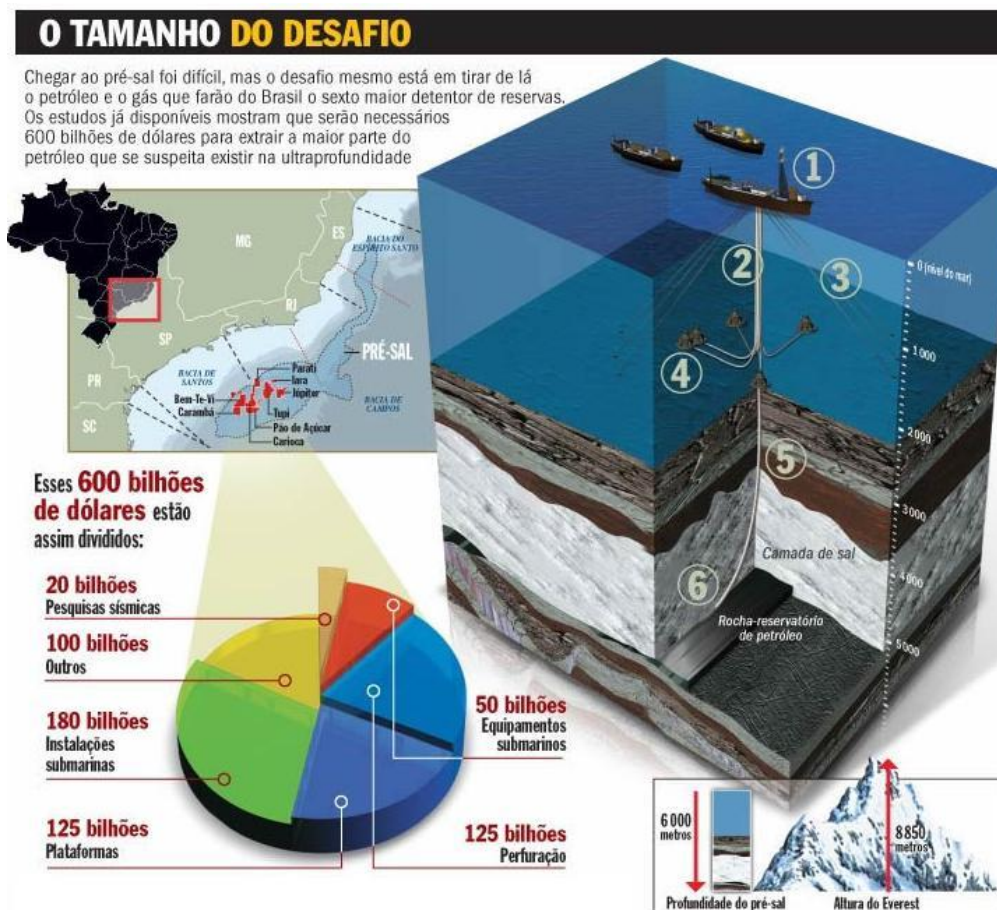
condições encontradas para a exploração do petróleo na camada pré-sal apresentam situações como pressão da coluna de água, a acidez e as baixas temperaturas, que podem danificar componentes, prejudicando e encarecendo a extração.

Outro fator complicador é a distância entre a costa e os poços de perfuração da camada pré-sal (300 quilômetros), necessitando, portanto, de alternativas que realizem o transporte rápido e eficiente de pessoas, materiais e equipamentos.

Mas um dos maiores desafios é o ambiental. Os depósitos do pré-sal contêm uma grande concentração de dióxido de carbono, bem superior à de reservas em águas mais rasas. Portanto, sua exploração, de forma inadequada, pode contribuir para o aquecimento global, visto que o dióxido de carbono é um dos grandes vilões desse processo.

A Petrobras garante que a exploração da camada pré-sal é extremamente viável. Estima-se que serão gastos cerca de 600 bilhões de dólares em investimentos e desenvolvimento de tecnologia para a extração do produto de forma segura e que os retornos financeiros deverão ocorrer a partir de 2020. Caso se confirme as expectativas da Petrobras, o Brasil será o oitavo maior produtor de petróleo do planeta, aumentando suas reservas em 50 bilhões de barris.

Disponível em: <http://www.brasilecola.com/brasil/presaldesafios.htm>. Acesso em: 03 nov. 2014.



Fonte: <http://www.grupoescolar.com/a/b/2CE36.jpg>. Acesso: 05 de nov. de 2014.



Aqui iniciamos a segunda etapa do quarto ciclo.

Tempo previsto para aplicação: uma hora-aula.

Atividades Experimentais Demonstrativas

O objetivo destas experiências é mostrar o que ocorre com a pressão à medida que aumentamos a profundidade.

Questão prévia: Em alguns filmes, observamos acidentes que envolvem veículos caindo na água. Nessas cenas, é possível perceber que, se os vidros estiverem fechados, a água não penetra imediatamente no interior do veículo e os ocupantes possuem dificuldades para abrir a portado carro ou até mesmo para quebrar o vidro. Essa cena é correta? Se sim, por que isso ocorre?

19ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos esse experimento, vamos precisar um tubo plástico de parede grossa, preferencialmente transparente, de comprimento 20 cm e diâmetro de 1,5 a 2 cm, 40 cm de barbante fino e um pedaço de plástico quadrado (pouco maior que o diâmetro do tubo), lixa fina (para nivelar a superfície do tubo), água e um recipiente transparente semelhante a um aquário.

Colaremos o barbante no centro do quadradinho de plástico. Para isso, faremos um pequeno furo para conseguirmos passar o barbante. Em seguida, lixaremos a extremidade do tubo plástico para que tenhamos uma boa aderência do tubo ao plástico.

Passaremos o barbante por dentro do tubo pela extremidade lixada, de modo a segurar o plástico encostado nela. Após isso, introduziremos o conjunto verticalmente no recipiente transparente contendo água, que deverá estar com cerca de 12 cm de água.

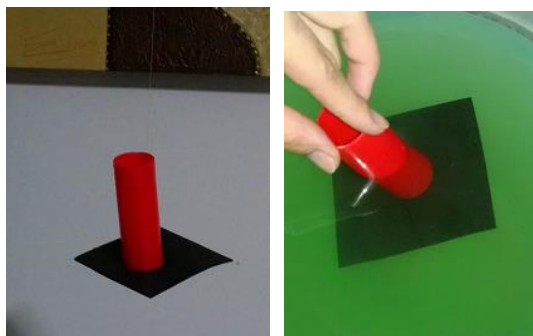


Figura 46: Tubo sendo introduzido na água.

Soltaremos o barbante. Observe o que ocorre.

Por que o plástico não afunda?

Repetiremos o experimento introduzindo o conjunto até uma profundidade de 4 cm, com o plástico um pouco afastado. Puxaremos o barbante até o plástico encostar na boca do tubo e afundaremos mais 3 cm ou 4 cm, soltando, a seguir, o barbante.

Observe o que ocorre? Por que o plástico fica grudado na boca do tubo?

Levantaremos, lentamente, o conjunto. Observe quando o plástico cai.

Qual o valor da pressão em cada face do plástico quando está submerso?

Nesse experimento é possível verificar que a água exerce uma pressão sobre o plástico. Dentro do tubo existe ar que está em contato com o ar atmosférico local. Dessa forma, a pressão no interior do tubo é igual a pressão atmosférica. Na parte externa, em contato com a água, a pressão que atua sobre o plástico é a contribuição da pressão exercida pela atmosfera somada com a pressão exercida pela coluna líquida. Como essa pressão externa é maior que a pressão interna, a diferença de pressão produz uma força resultante que mantêm o plástico grudado no tudo mesmo depois de soltarmos o barbante. Na segunda parte do experimento, ao adicionarmos água no interior do tubo, fazemos surgir na parte interna do plástico um acréscimo de pressão devido à coluna líquida ali aprisionada. Observe que ao afundarmos o tubo, o plástico permanece grudado, pois a pressão externa é maior que a interna, dando origem a uma força resultante que empurra o plástico contra o tubo. Ao emergirmos o tubo, observamos que o plástico se desgruda do tubo quando o nível de água externo se torna menor que o nível de água que existia dentro do tubo. Isso ocorre devido a pressão interna torna-se maior que a externa,

dando origem a uma força resultante que empurra o plástico no sentido oposto ao tubo.

20ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de um copo de vidro com tampa de vedação a vácuo (aqueles que compramos com ervilha, milho verde, etc.), a tampa desse copo e água preferencialmente colorida (para melhor visualização).



Figura 47: Imagem do copo com a tampa.

Colocaremos água no interior do copo até transbordar. Tamparemos o copo com a tampa de vedação, pressionando para sair o excesso de água pelo furo da tampa. Viraremos calmamente o copo “de boca para baixo”.

Observe o que ocorre.



Figura 48: Água "presa" dentro do copo.

Mesmo a tampa sendo “furada”, a água não cai. Por que isso ocorre?

A água fica presa dentro do copo, pois a pressão exercida pela água na tampa é menor que a pressão atmosférica que atua na parte exterior. A força resultante que

surge devido a essa diferença de pressão consegue manter a tampa presa ao copo. A força aplicada pelo ar atmosférico sobre a tampa é maior do que a força que a água aplica sobre a tampa (seu peso). Inclinando o copo para os lados, ainda de boca para baixo, observamos que a pressão atmosférica mantém a tampa grudada ao copo.

21ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de uma garrafa PET de 2 litros vazia e com tampa, um prego grande, alicate, uma fonte térmica e água.

Faremos um pequeno furo na parte lateral da garrafa. Para isso, aquecemos o prego com o auxílio do alicate. Em seguida, encheremos a garrafa com água, mantendo o furo feito na garrafa tampado (pode ser com o dedo o com uma fita). Ainda com o furo tampado, fecharemos a garrafa com a tampa.

Destamparemos o furo. Observe o que ocorre.

Apertaremos a lateral da garrafa. Observe o que ocorre.

Giraremos a tampa, abrindo e posteriormente fechando a garrafa. Observe o que ocorre.



Figura 49: Garrafa PET com um furo.

Por que com a tampa estando fechada, mesmo a garrafa possuindo um furo, a água não sai? Por que ao pressionarmos a garrafa a água sai? Por que é necessário apenas girar, e não remover a tampa completamente, para iniciar o processo de escoamento?

Nessa atividade observamos que a força resultante que surge devido à diferença entre o valor da pressão hidrostática e da pressão atmosférica, o que permite que a água não escoe (quando a tampa está fechada) mesmo a garrafa possuindo um furo. Quando pressionamos a garrafa com a mão, produzimos um aumento de pressão em seu interior (devido ao acréscimo de pressão produzida pela força aplicada pelas mãos) que faz com que a pressão interna se torne maior que a externa permitindo que a água escoe pelo furo devido à força resultante oriunda dessa diferença de pressão. Quando giramos a tampa, parte do ar presente no ambiente penetra para o interior da garrafa fazendo com que na parte superior do líquido tenhamos pressão atmosférica agindo e na extremidade do furo temos a pressão atmosférica acrescida da pressão da coluna líquida. Essa diferença de pressão dá origem a uma força resultante que consegue empurrar a água para baixo, e esta consegue escorrer pelo furo. Quando tampamos novamente a garrafa, a pressão interna fica menor que a atmosférica: assim a água não consegue sair porque a pressão atmosférica é maior que a exercida pela força peso da água somada a pressão do ar no interior da garrafa PET.

22ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de uma garrafa PET de 2 litros (com tampa e preferencialmente transparente), um prego grande, um alicate e água (preferencialmente colorida).

Faremos dois furos na garrafa em uma mesma altura. Para isso, esquentaremos a ponta do prego, segurando-o com o alicate, e faremos os furos localizados na mesma altura em relação ao fundo da garrafa. Encheremos a garrafa com água colorida, tampando os furos (com os dedos ou uma fita). Em seguida, tamparemos a garrafa.

Destamparemos os furos. Observe o que ocorre.

Por que a água não sai?

Com a tampa fechada, pressionaremos a garrafa com a mão. Observe o que ocorre.

Giraremos lentamente a tampa. Observe o que ocorre.

Fecharemos novamente a garrafa com a tampa. Observe o que ocorre.



Figura 50: Garrafa PET com dois furos.

Por que com a tampa estando fechada, mesmo a garrafa possuindo dois furos, a água não sai? Por que ao pressionarmos a garrafa a água sai? O que ocorre com o alcance dos jatos? Por que é necessário apenas girar, e não remover a tampa completamente, para iniciar o processo de escoamento?

Nessa atividade observamos que a pressão atmosférica permite que a água não escoe (quando a tampa está fechada) mesmo a garrafa possuindo dois furos, pois a pressão exercida pela coluna líquida é menor que a exercida pela atmosfera. Os dois furos estão submetidos a mesma pressão hidrostática pois encontram-se à mesma altura. Quando giramos a tampa, parte do ar presente no ambiente penetra para o interior da garrafa fazendo com que a pressão atmosférica aja dentro e fora da garrafa. A pressão hidrostática consegue assim empurrar a água para baixo fazendo essa escorrer pelos furos. Quando tampamos novamente a garrafa, a pressão exercida pelo peso da água somada a pressão do ar presente no interior da garrafa é menor que a pressão atmosférica. Assim, a água não consegue escoar. Quando pressionamos a garrafa com a mão, produzimos um aumento de pressão em seu interior (devido ao acréscimo de pressão produzida pela força aplicada pelas mãos) que faz com que a pressão interna se torne maior que a externa permitindo que a água escoe pelos furos devido à força resultante oriunda dessa diferença de pressão.

O bebedouro de passarinho funciona de modo semelhante. Um recipiente de plástico (não flexível) cheio de água é acoplado em uma base que possui abertura para os pássaros beberem água. Para que a água desça de dentro do recipiente o nível de água na base precisa subir. Ocorre, porém, que a pressão atmosférica atua

sobre a água contida na base. A água do recipiente só pode descer quando retiramos a água da base (quando o pássaro bebe água). Nesse caso, um pouco de ar penetra no interior do recipiente. A pressão exercida pelo ar que penetra faz a água a descer, mas o movimento da água é novamente interrompido assim que o nível da água na base volta a ser estabelecido. Conforme os pássaros bebem água, um pouco de ar penetra na garrafa (bolhas) aumentando o volume de ar e consequentemente, sua pressão. Essa pressão, acrescida da pressão da coluna de água equilibra a pressão atmosférica exercida na superfície externa do líquido. Conforme a água vai sendo consumida a pressão hidrostática diminui e a pressão do ar no interior da garrafa aumenta.



Créditos das imagens: (esquerda) http://www.mypetbrasil.com/img/products/beija-flor-com-bandeja-e-chapeu-marche-pet_1_900.jpg, (direita) <http://animais.culturamix.com/blog/wp-content/uploads/2010/03/foto-bebedouro-para-passarinho-04.jpg>. Acesso: 30 set. 2014

Figura 51: Imagens de bebedouros de passarinho.

23ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade, precisaremos de uma garrafa PET de 2 litros com tampa, um prego, um alicate, uma fonte térmica e água preferencialmente colorida.

Faremos dois pequenos furos iguais nas laterais da garrafa em alturas diferentes. Para isso aqueceremos o prego segurando-o com o alicate. Em seguida, mantendo os furos tampados (com palitos de dente, fita isolante ou fita adesiva), encheremos completamente a garrafa com água.

Destamparemos os furos simultaneamente. Observe o que ocorre.

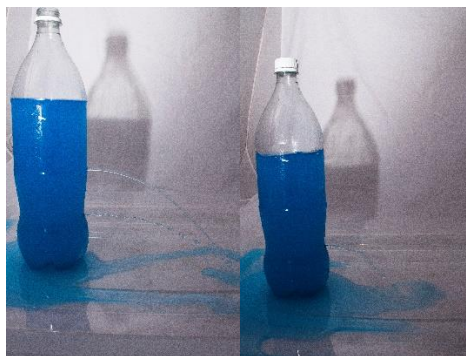


Figura 52: Imagem da garrafa tampada e aberta.

O que ocorre com o alcance dos jatos? Por que os jatos de água possuem alcances diferentes? Por que é necessário apenas girar, e não remover a tampa completamente, para iniciar o processo de escoamento? O que ocorre com os jatos quando tampamos a garrafa? Por que isso ocorre?

Nessa atividade, percebemos que saem dois jatos de água e que o furo que está localizado mais próximo da base da garrafa, espirra a água mais longe. Isso ocorre, pois quanto maior a profundidade maior a pressão. Sendo a pressão no furo mais próximo da base maior, a massa de água que está nessa localização recebe uma força de maior intensidade (comparada ao furo superior) produzindo maior velocidade horizontal e consequentemente maior alcance. A pressão exercida sobre um ponto qualquer devido a um fluido é diretamente proporcional à sua densidade, à gravidade local e à coluna de fluido acima do ponto.

Com a garrafa destapada, o ar no seu interior está em contato com o ambiente. Assim, a pressão que atua na superfície interna da água (no topo da garrafa) é a pressão atmosférica (p_{atm}). No orifício, por onde a água jorra, a pressão também é a pressão atmosférica acrescida da pressão exercida pelo líquido. Quanto maior a coluna líquida maior é a pressão. Quando tampamos a garrafa, a vazão da água vai diminuindo até não jorrar mais líquido pelo orifício superior. A pressão do ar aprisionado (p_{ar}) dentro da garrafa vai diminuindo na medida em que a água escoar e o volume ocupado pelo ar no interior da garrafa aumenta. No orifício superior a pressão atmosférica equilibra a pressão exercida pelo ar existente na parte superior da garrafa mais a exercida pela coluna do líquido até o orifício (atividade experimental demonstrativa anterior) e a água não escoar. No orifício inferior a pressão atmosférica exercida é superada pela pressão atmosférica exercida no orifício superior acrescida a pressão exercida pela coluna do líquido existente entre

os dois orifícios. Observe que quando tampamos a garrafa o alcance do jato diminui consideravelmente. Conforme o líquido escoar, bolhas de ar penetram pelo orifício superior porque a diminuição da coluna de líquido deve ser compensada com aumento da pressão do ar.

Retomando a questão prévia, depois das discussões provocadas pelas atividades experimentais propostas, podemos explicar a dificuldade apresentada para abrir a porta do carro, ou até mesmo quebrar o vidro de um carro submerso em água. No interior do veículo temos ar (exercendo pressão cujo valor é aproximadamente igual o valor da pressão atmosférica à nível do mar) e na parte de fora água (que possui uma profundidade em relação à superfície) cuja pressão exercida é a soma da pressão atmosférica mais a pressão da coluna de líquido. A diferença de pressão entre a parte interna e externa gera uma força resultante dirigida para o interior do veículo, o que dificulta a abertura da porta. Como a pressão hidrostática aumenta com a profundidade, quanto mais profundo for o rio/lago onde o veículo cair, maior será a força resultante que atuará sobre o veículo. Isso pode provocar, para grandes profundidades, o rompimento do vidro. Como o carro não é um recipiente hermeticamente fechado, na medida em que vai afundando a água penetra no interior do veículo, semelhante ao que ocorreu no experimento da vela com o copo. Nesse caso, o que está “empurrando” a água para dentro do carro não é a redução da pressão interna, mas sim a pressão externa exercida pela água.



Uma discussão mais profunda dessa questão leva a uma abordagem de hidrodinâmica. Sugerimos a leitura do seguinte texto publicado no Caderno Brasileiro de Ensino de Física: Uma revisão da questão da garrafa PET da prova ENEM 2013 de Ernani Vassoler Rodrigues. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n2p421>. Acesso: 09 de set. de 2014. (RODRIGUÊS, E.V. Uma revisão da questão da garrafa PET da prova ENEM 2013. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V.31, n2, 2014).

Outra discussão que pode ser abordada com o experimento acima, denominada de “Esvaziando a lata furada”, está disponível em: http://www.feiradeciencias.com.br/sala07/07_64.asp. De autoria do professor Luiz Ferraz Netto, o experimento permite discutir hidrostática, hidrodinâmica, cinemática e dinâmica.

O trabalho de Lopes (LOPES, W. Velocidade de escoamento horizontal de água por um conduto. Cad. Bras. Ens. Fís., v.27, n.2: p.385-393, ago. 2010)

traz uma abordagem semelhante. O autor apresenta um experimento que tem por objetivo o cálculo da velocidade da água que sai por um pequeno conduto horizontal, através das noções de Física básica do lançamento horizontal de uma partícula. Essa velocidade horizontal do jato d'água é comparada com as velocidades hidrodinâmicas obtidas, respectivamente, através da vazão em volume e pela equação de Bernoulli.

Do mesmo modo Jesus e Macedo Júnior (JESUS, V.L.B. de; MACEDO JUNIOR, M.A.V. Uma discussão sobre hidrodinâmica utilizando garrafas PET. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 33, n1, 2011) utilizam garrafas PET para mostrar a possibilidade de comparações entre os resultados da hidrodinâmica de fluidos incompressíveis e da cinemática.

Dentro dessa etapa, as próximas Atividades Experimentais Demonstrativas têm o objetivo de mostrar o princípio de funcionamento dos vasos comunicantes e que a pressão exercida por um líquido aumenta com a profundidade.

Questão prévia: Você já observou o sistema de sifão utilizado para esvaziar aquários? A imagem a seguir ilustra este sistema. Como funcionam esses sifões?



Créditos da imagem:

http://hz00.i.aliimg.com/img/pb/593/889/145/1145889593_276.jpg?size=49244&height=454&w idth=460&hash=a91e212f30b0fd0e0f2e07e84a89f523. Acesso: 30 set. 2014

Figura 53: Imagem de um sifão utilizado em limpeza de aquários.

24ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de duas garrafas PET de 2 litros, uma mangueira de equípssoro, cola quente, um suporte para a garrafa e água colorida.

Montaremos um aparato semelhante ao mostrado na figura a seguir, feito com as garrafas plásticas, a mangueira e o suporte.

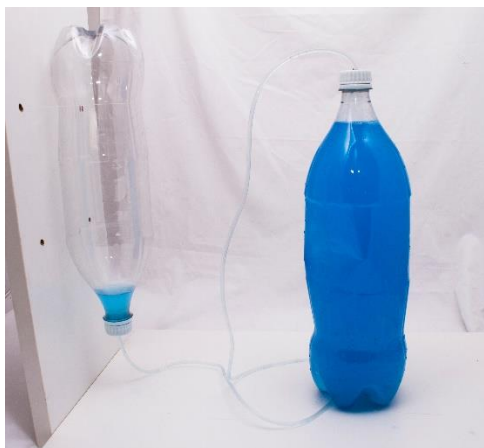


Figura 54: Garrafas conectadas pela mangueira.

As duas garrafas estão conectadas através da mangueira do equipossoro. Utilizamos uma furadeira para fazer o orifício nas tampas das garrafas por onde conectamos a mangueira. Uma das garrafas é acoplada ao suporte a outra fica livre para podermos movê-la. Caso haja vazamento de água na conexão da mangueira com a tampa, devemos utilizar a cola quente para vedar esse vazamento.

Colocaremos água na garrafa que possui mobilidade e exploraremos a transferência de água de uma garrafa para outra.

Observe o que é necessário para que tenhamos fluxo de água entre as duas garrafas. O que ocorre quando a garrafa que possui mobilidade é erguida? E quando é abaixada?

Quando parte da água é transferida de uma garrafa para outra, por que a garrafa que possuía água “é esmagada”?

O que ocorre com o fluxo de água se apertarmos a garrafa?

Por que o fluxo de água é interrompido após um tempo, ou seja, por que TODA água não se transfere de uma garrafa para outra? Quando o fluxo de água entre as duas garrafas é interrompido?

Todo o sistema é controlado pela pressão do ar no interior da garrafa, pela pressão atmosférica e pela pressão hidrostática da água. Inicialmente, a garrafa que se encontra fixa no suporte possui ar. Quando erguemos a garrafa que possui mobilidade, permitimos que a água escoe para a garrafa que está fixa. Essa água inicia um processo de compressão do ar ali presente a faz com que a pressão do ar no interior da mesma aumente. Por sua vez, a garrafa que possui água vai sendo

“esmagada” pela pressão atmosférica externa. O fluxo de água é interrompido quando se atinge o equilíbrio das pressões que atuam na extremidade da garrafa. Quando abaixamos a garrafa, permitimos que a água escoe da garrafa fixa para a garrafa móvel.

25ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade, precisaremos de dois baldes, água e uma mangueira transparente de aproximadamente 2 metros de comprimento.

Colocaremos água em um dos baldes. Como podemos transferir a água de um balde para o outro utilizando a mangueira?

Colocaremos o balde vazio em cima de uma cadeira e deixaremos o balde com água no chão. Nessa situação é possível transferir o conteúdo de um balde para o outro utilizando a mangueira?

Para transferirmos a água de um balde para o outro, vamos inicialmente encher a mangueira com água de modo que não fiquem bolhas de ar dentro da mesma. Para que consigamos fazer a transferência, é necessário que os baldes estejam nivelados ou que o balde que possui água encontre-se em um patamar mais elevado que o que está inicialmente vazio. Vamos realizar esses dois procedimentos.

Primeiramente deixaremos os dois baldes nivelados e faremos a transferência de água entre eles. Conectando a mangueira (que está cheia de água) entre os dois baldes, verificamos a água fluir de um balde para outro. Quando a água para de escoar?

Depois disso, colocaremos novamente toda a água em um único balde para refazermos o experimento. Faremos a transferência da água alterando a altura entre os dois baldes. Colocaremos o balde com água em um patamar mais elevado e com o auxílio da mangueira, completamente cheia de água, faremos a transferência de água de um balde para o outro. Observe o que ocorre. Quando a água para de escoar?

Por que isso ocorre? O que faz a água escoar de um balde para o outro?



Figura 55: Transferência de água entre os baldes.

Nesse experimento, a pressão atmosférica e a pressão hidrostática da água determinam se ocorrerá escoamento e quando esse fluxo será interrompido. Quando colocamos um dos baldes em uma posição mais elevada, comparada com o outro balde, e os conectamos por meio da mangueira completamente cheia de água, permitimos que a água escoe do balde de cima para o de baixo. Isso ocorre, pois ambos os baldes estão submetidos à pressão atmosférica e no balde que está em cima, a pressão hidrostática exercida pela água é suficiente para “empurrar” todo o conteúdo do balde para o que está embaixo. Quando os dois baldes estão nivelados, percebemos que a água escorre até que seja atingido o equilíbrio entre eles, com ambos os baldes ficando com a mesma altura de água (mesma pressão no fundo dos dois baldes – pressão atmosférica + pressão hidrostática). Observamos que quando colocamos o balde sem água mais elevado não ocorre escoamento, pois a pressão hidrostática não consegue elevar a água a uma altura superior ao próprio nível de água do balde.

26ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de um funil, uma mangueira transparente de aproximadamente 2 metros, água colorida, uma bola de soprar e um balde com água.

Inicialmente, conectaremos a mangueira ao funil. Tamparemos a boca do funil com um pedaço de bola de soprar (corte a extremidade da bola com uma tesoura de modo a facilitar o acoplamento). A bola de soprar é fixada de formando uma membrana na boca do funil. Colocaremos um pouco de água colorida no interior da

mangueira. Devemos segurar o equipamento de modo que a mangueira esteja sempre em formato de U. Com isso, está finalizado o aparelho para “medir” a pressão hidrostática.

Para verificarmos o funcionamento do aparelho, pressionaremos levemente a membrana colocada na boca do funil. Observe o que ocorre com a coluna de água. Em que direção se dá o desnível de água? A seguir, puxaremos a membrana colocada na boca do funil. Observe o que ocorre com a coluna de água. Em que direção se dá o desnível de água?

Encheremos um recipiente com água para explorarmos a pressão no seu interior.

Introduziremos o funil aumentando lentamente a profundidade. Observe o que ocorre com a altura da água colorida na mangueira quando aumentamos a profundidade do funil dentro do balde. Por que quando afundamos o funil na água presente no balde a água colorida do aparelho é deslocada para cima?

Diminuiremos a profundidade do funil. Observe o que ocorre com a altura da água colorida na mangueira quando diminuimos a profundidade do funil dentro do balde. Por que quando emergimos o funil a água colorida do aparelho é deslocada para baixo?

Deslocaremos nosso aparelho ao longo de uma mesma linha horizontal (mesma profundidade). Observe o que ocorre com o nível da água na mangueira. Por que a água colorida do aparelho não se desloca?

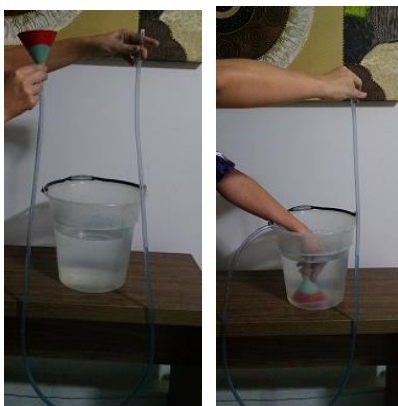


Figura 56: Verificando a variação da pressão com a profundidade.

Nesse experimento, percebemos que no momento em que o funil é mergulhado no balde com água, o líquido com corante presente na mangueira sofre um deslocamento. Isso ocorre devido a mudança de pressão, uma vez que a pressão no

funil mergulhado no balde será maior que a pressão presente no medidor. O aumento de pressão na membrana do funil, causada pelo aumento de pressão devido ao aumento de profundidade, é transmitido ao ar provocando o deslocamento da água que se encontra no tubo.

Assim, os acréscimos de pressão imprimidos à membrana do funil são transmitidos para ar no interior do tubo de plástico e desse para a coluna de água, provocando o desnível entre as superfícies da água nas duas colunas.

Retomando a questão prévia, o que permite o funcionamento dos referidos sifões é a diferença de pressão entre as extremidades do mesmo. A pressão atmosférica age nas duas extremidades. Na extremidade que se encontra no interior do aquário a pressão hidrostática “empurra” a água permitindo o seu escoamento através da mangueira. Como a pressão hidrostática depende da altura da coluna líquida, para que haja o escoamento da água, é necessário que a extremidade da mangueira que se encontra no interior do aquário esteja em um nível mais elevado que a outra extremidade.



Sugerimos que esse ciclo seja finalizado com a apresentação da parte inicial do vídeo (15 min) “Obras incríveis – Gigantes da engenharia: Itaipu – Super usina hidroelétrica” disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=t868kON5IYA> . Outra possibilidade seria o vídeo que aborda os desafios do pré – sal (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=1nR47cfvvJg>).

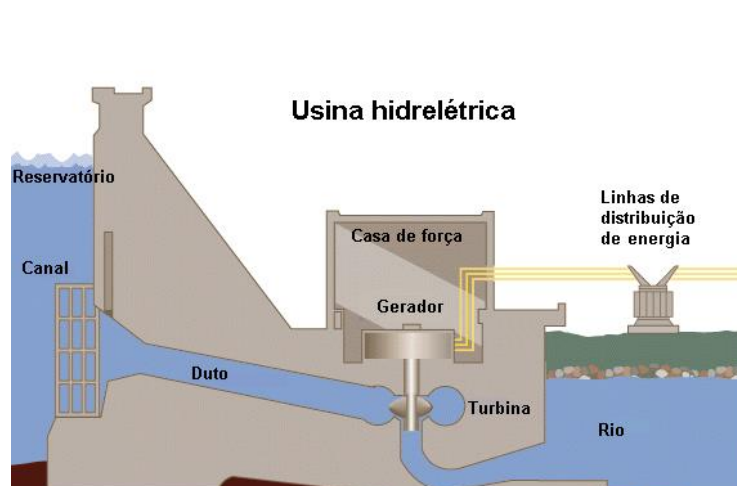


Aqui iniciamos a terceira etapa do quarto ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 30min.

Lista de exercícios - Lei de Stevin e Vasos Comunicantes

1. Observe a figura abaixo:

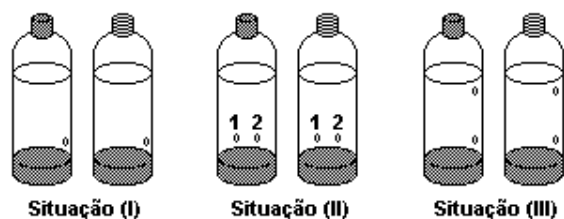


Créditos da imagem:

http://cidadedetucurui.com/inicio/usina_hidreletrica_tucurui/oper%C3%87%C3%83oemanuten%C3%87%C3%83o/image004.png. Acesso: 01 out 2014.

Analisando o perfil da barragem do reservatório de água, percebemos que a base é mais espessa quando comparada à parte localizada próxima a superfície. Explique por que deve existir essa diferença de espessura.

2. (Ueg 2007) Uma maneira de observar a pressão exercida por uma "coluna de líquido" é efetuar orifícios numa garrafa plástica de dois litros (como as de refrigerante) e enchê-las de água. A seguir, são apresentadas três situações experimentais bem simples.



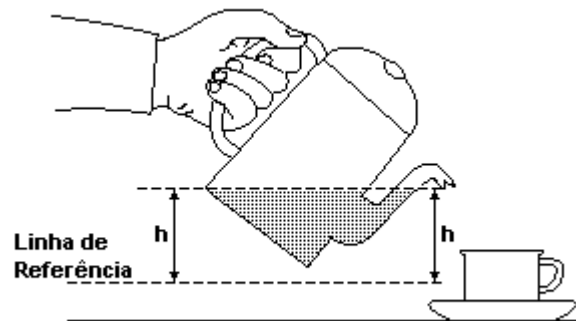
Tendo em vista as informações apresentadas, é INCORRETO afirmar:

- Na situação (I), com a garrafa tampada, a água não escoará, enquanto com a garrafa aberta a água jorrará pelo orifício.
- Na situação (II), com a boca da garrafa totalmente tampada, a água não escoará pelos orifícios, porém, retirando-se a tampa, a água jorrará pelos dois orifícios.

c) Na situação (III), com a garrafa aberta, a água jorrará com menor velocidade pelo orifício superior do que pelo orifício inferior.

d) Na situação (III), tampando-se a boca da garrafa, a água jorrará apenas pelo orifício superior.

3. (Pucsp 2007) A figura representa um bule transparente de café ao ser tombado para que a bebida seja servida. O bule pode ser considerado como um sistema de vasos comunicantes em que o bico do recipiente comunica-se com o corpo principal.



A respeito da situação, são feitas as afirmativas:

I. Ao tombarmos o bule para servir o café, a superfície livre da bebida fica à mesma altura h em relação à linha de referência do sistema, tanto no bico como no corpo principal do bule, pois a pressão sobre a superfície livre do café é a mesma em ambos os ramos deste sistema de vasos comunicantes.

II. Se o café fosse substituído por óleo, a superfície livre do líquido não ficaria a uma mesma altura h em relação à linha de referência do sistema nos dois ramos do bule (bico e corpo principal) pois o óleo é mais denso do que o café.

III. Embora a superfície livre do café fique a uma mesma altura h nos dois ramos do bule, a pressão é maior na superfície do líquido contido no bico, pois este é mais estreito que o corpo principal do bule.

Dessas afirmativas, está correto apenas o que se lê em

- a) I e II b) I e III c) I d) II e) III

4. (Enem 2011 - MODIFICADA) Um tipo de vaso sanitário que vem substituindo as válvulas de descarga está esquematizado na figura da esquerda. Ao acionar a alavanca, toda a água do tanque é escoada e aumenta o nível no vaso, até cobrir o sifão. De acordo com o Teorema de Stevin, quanto maior a profundidade, maior a pressão. Assim, a água desce levando os rejeitos até o sistema de esgoto. A válvula da caixa de descarga se fecha e ocorre o seu enchimento. Em relação às válvulas de descarga, esse tipo de sistema proporciona maior economia de água.



Créditos da imagem: <http://www.coletivoverde.com.br/wp-content/uploads/2011/04/valvula.jpg>. Acesso em: 05 nov. 2014.

Créditos da imagem: [http://www.censi.com.br/admin/ckeditor/ckfinder/userfiles/images/valvula\(1\).jpg](http://www.censi.com.br/admin/ckeditor/ckfinder/userfiles/images/valvula(1).jpg). Acesso em: 05 nov. 2014:

a) Qual a função do sifão no vaso sanitário? Como funciona esse sistema de sifão?

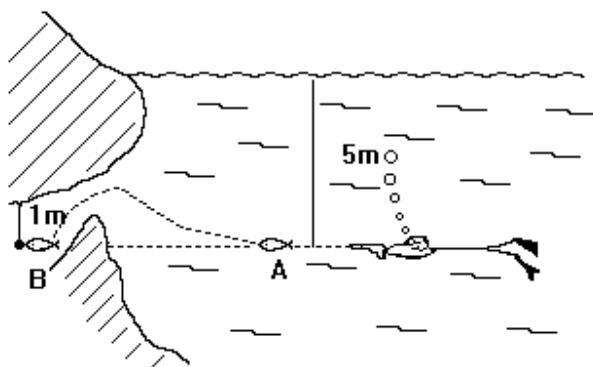
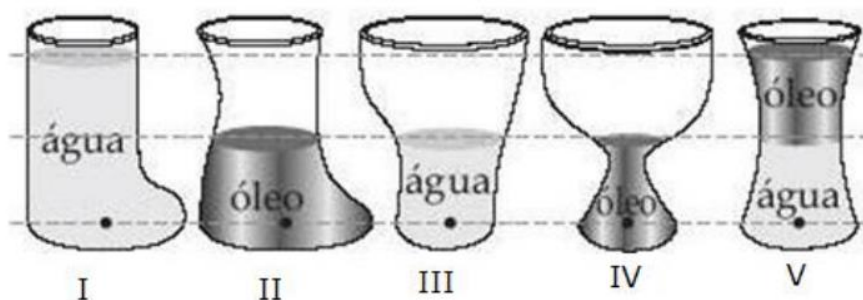
b) Quais as vantagens e desvantagens desse novo sistema de descarga?

5. (Cesgranrio 1993) A pressão atmosférica ao nível do mar consegue equilibrar uma coluna de 76 cm de mercúrio. A essa pressão chamamos de 1,0 atm. Se, ao invés de mercúrio, tivéssemos usado água, a altura da coluna de água seria, aproximadamente, igual a:

(Dados: a densidade da H_2O é 10^3 kg/m^3 e $1 \text{ atm} = 10^5 \text{ N/m}^2$)

- a) 1,0 m b) 76 m c) $7,6 \times 10^{-1} \text{ m}$ d) 7,6 m e) 10 m

6. (UFMG) Observe a figura. Esta figura representa recipientes de vidro abertos na parte superior, contendo óleo, de densidade $0,80 \text{ g/cm}^3$ e/ou água, cuja densidade é $1,0 \text{ g/cm}^3$. Ordene as pressões, em ordem crescente, nos pontos I, II, III, IV e V.



7. (Unicamp 1993) Um mergulhador persegue um peixe a 5,0 m abaixo da superfície de um lago. O peixe foge da posição A e se esconde em uma gruta na posição B, conforme mostra a figura a seguir. A pressão atmosférica na superfície da água é igual a $p_0 = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$.

Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Qual a pressão sobre o mergulhador?
- Qual a variação de pressão sobre o peixe nas posições A e B?

8. Um submarino encontra-se a uma profundidade de 40m. Para não produzir nenhum dano a saúde dos tripulantes, é necessário que a pressão interna se mantenha igual a pressão atmosférica à nível do mar. Qual a diferença de pressão que o casco do submarino está submetido? Se o submarino suporta uma pressão externa máxima de 12 atm, qual a máxima profundidade que poderá atingir?

Dados:

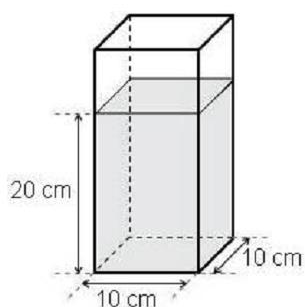
Pressão atmosférica à nível do mar = 1atm = 10^5 N/m^2

Aceleração da gravidade = 10 m/s^2

Densidade da água = $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$

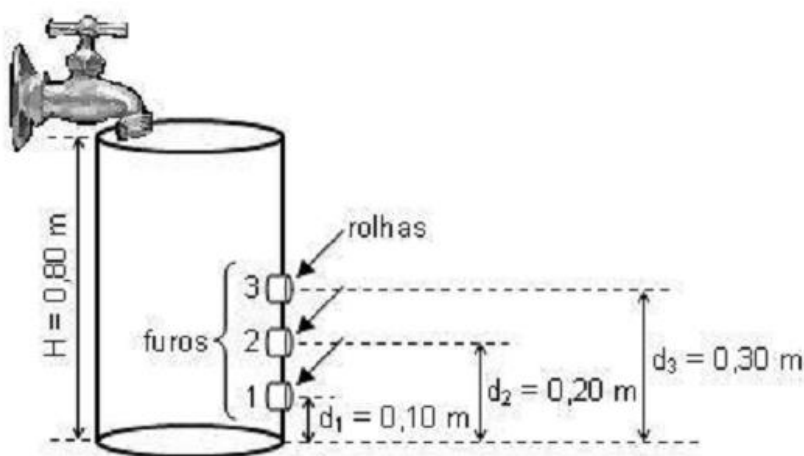
9. (FEI-SP) A figura mostra um recipiente que contém água até uma altura de 20 cm. A base do recipiente é quadrada de lado 10 cm. Adote $g = 10 \text{ m/s}^2$, densidade da água $d = 1,0 \text{ g/cm}^3$ e a pressão atmosférica $p_{\text{atm}} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$. A pressão total e a

intensidade da força que a água exerce no fundo do recipiente são, respectivamente:



- a) $1,02 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $1,02 \cdot 10^3 \text{ N}$
- b) $2,00 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $2,00 \text{ N}$
- c) $2,00 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ e $2,00 \cdot 10^6 \text{ N}$
- d) $3,00 \cdot 10^8 \text{ N/m}^2$ e $3,00 \cdot 10^6 \text{ N}$
- e) $1,02 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$ e $20,0 \text{ N}$

10. (Fuvest-SP) Um tanque de altura $H = 0,80 \text{ m}$, inicialmente vazio, possui três pequenos furos circulares situados em alturas diferentes medidas a partir do fundo do tanque, a saber: $d_1 = 0,10 \text{ m}$, $d_2 = 0,20 \text{ m}$, $d_3 = 0,30 \text{ m}$, conforme ilustra a figura. As áreas dos furos valem $A = 2,0 \text{ cm}^2$. Os furos são tampados por três rolhas que podem resistir, sem se soltar, a forças de até: $F_1 = 1,2 \text{ N}$, $F_2 = 0,80 \text{ N}$ e $F_3 = 0,70 \text{ N}$, respectivamente. Uma torneira começa a encher lentamente o tanque, com um fio



de água. Podemos então afirmar que:

Dados: Aceleração da gravidade = 10 m/s^2 ; Densidade da água = $1,0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$.

- a) a rolha do furo 1 será a primeira a se soltar.
- b) todas as rolhas se soltarão enquanto o tanque se enche.
- c) a rolha do furo 3 será a primeira a se soltar.
- d) a rolha do furo 2 será a primeira a se soltar.
- e) nenhuma rolha se soltará até o tanque se encher completamente.



Ampliando as discussões sobre os conceitos apresentados até esse momento sugerimos, AO PROFESSOR, a leitura do seguinte texto: Medição da densidade do óleo: uma discussão sobre sua otimização e diminuição dos custos via incerteza relativa da medição (DE JESUS, V. L. B.; PALMA, D. A. Medição da densidade do óleo: uma discussão sobre sua otimização e diminuição dos custos via incerteza relativa da medição. Revista brasileira de Ensino de Física, v. 30, n.3, 2008). O texto faz uma análise das incertezas/custo para a realização do experimento da medição da densidade do óleo por dois métodos: através da medição massa/volume e através de um tubo em U.



Aqui iniciamos a primeira etapa do quinto ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 30 minutos.

Princípio de Pascal

Os fluidos apresentem características em comum, entretanto líquidos e gases apresentam diferenças consideráveis de compressibilidade. Quando contidos em recipientes idênticos, submetidos à pressão de um êmbolo, líquidos e gases têm comportamentos distintos. Quando vedamos a ponta de uma seringa que contém água e pressionamos o êmbolo, notamos que o líquido tende a resistir a pressão sem alterar seu volume. Quando repetimos o mesmo procedimento, mas com a seringa com ar, percebemos que os gases cedem a pressão e têm volume reduzido.



Sugerimos que a atividade relatada acima seja utilizada como organizador prévio. O professor deverá conduzi-la como uma Atividade Demonstrativa Investigativa realizando o experimento e produzindo debate com os alunos.

Blaise Pascal (1623 – 1662)

Créditos da imagem:

http://pt.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal#mediaview:File:Blaise_pascal.jpg. Acesso: 06 out. 2014.

Foi físico, matemático, filósofo e teólogo. Perdeu a mãe aos três anos de idade, teve a sua educação aos cuidados do pai. Sua trajetória na ciência se deu, em boa parte, nos estudos do cálculo e das ciências. Contribuiu decisivamente para a criação de dois novos ramos da matemática: a Geometria Projetiva e a Teoria das probabilidades. Em Física, estudou a mecânica dos fluidos, e esclareceu os conceitos de pressão e vácuo, ampliando o trabalho de Evangelista Torricelli. É ainda o autor de uma das primeiras calculadoras mecânicas, a Pascaline, e de estudos sobre o método científico. Também desenvolveu estudos sobre o cálculo infinitesimal. Aos 30 anos, Pascal passou a se interessar por questões religiosas, principalmente ligadas aos milagres, depois da cura da sua sobrinha de uma doença considerada incurável.

Pascal envolveu-se com o jansenismo, uma corrente de pensamento que difundia a ideia de que a razão era a “mãe das heresias”. Passou a ter uma vida reclusa, cultivando sempre a contemplação religiosa.

Morreu aos 39 anos de idade, mas teve uma vida intelectual fértil no pouco tempo que viveu.

Considere um líquido, em equilíbrio, no interior de um recipiente. Se, por um processo qualquer, aumentarmos a pressão sobre a superfície do recipiente (exercendo uma força sobre o pistão), a pressão no interior do líquido sofrerá um aumento. O aumento da pressão em qualquer ponto do líquido é igual à pressão exercida devido a força aplicada ao pistão.

Essa relação foi observada, experimentalmente, em 1653, pelo cientista francês Blaise Pascal, e pode ser enunciada da seguinte forma:

O acréscimo de pressão, em um ponto de um líquido em equilíbrio, transmite-se integralmente a todos os pontos desse líquido.

A propriedade dos líquidos enunciada acima é denominada de **Princípio de Pascal**.



Sugerimos que nesse momento o professor faça os seguintes questionamentos:

- (1) *Como funciona o desentupidor de pias?*
- (2) *Como funciona a garrafa térmica com fole?*

As máquinas hidráulicas

As máquinas hidráulicas baseiam-se no Princípio de Pascal. Podemos citar como exemplos de máquinas hidráulicas o elevador hidráulico e a prensa hidráulica. Abaixo, ilustramos o esquema de um elevador hidráulico: se aplicarmos uma força de pequena intensidade f na superfície de pequena área a , então o líquido, graças à integral transmissão da pressão, fará surgir na superfície de grande área A uma força de grande intensidade F .

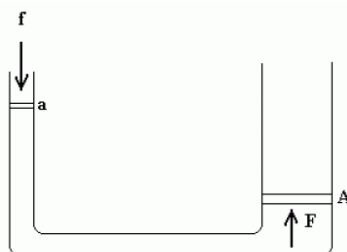


Figura 57: Esquema de um elevador hidráulico.

Essas máquinas são um dispositivo capaz de multiplicar forças. O 'operador' aplica a força **f** (de pequena intensidade) e a máquina aplica na 'carga' a força **F** (de grande intensidade). Como a pressão exercida (devido a força aplicada) é a transmitida pelo líquido e produz o mesmo acréscimo de pressão em todas as regiões banhadas pelo líquido, podemos escrever que:

$$p = \frac{f}{a} \quad \text{e} \quad p = \frac{F}{A}$$

Como as pressões são iguais, podemos igualar as equações, de modo que obtemos:

$$\frac{f}{a} = \frac{F}{A}$$

Essa relação, diretamente proporcional à relação das áreas, é verificada nos elevadores hidráulicos presentes nos postos de troca de óleo para veículos.



Créditos da imagem: <http://redeplanow.ski.com.br/servicos/troca%20oleo.jpg>. Acesso: 14 out. 2014.

Figura 58: Imagem de um elevador hidráulico.

O Princípio de Pascal é, de fato, um princípio com inúmeras aplicações tecnológicas. O mesmo princípio da prensa hidráulica que permite forjar e estampar metais, esmagar uvas, elevar fardos, etc. é também empregado nos elevadores de

automóvel (nos postos de gasolinas), nas cadeiras de dentistas e de barbearias e nos freios hidráulicos.



Créditos das imagens: (esquerda) <http://www.permaq.com.br/Template/images/MBHD4.JPG> (centro) http://image3.iizbrasil.com/rq4_board/img_brasil2/11913_p3_curso-de-maquinas-pesadas-rj-retroescavadeira-escavadeira-hidraulica-riodejaneiro.jpg (direita) http://lcapromocaodevendas.no.comunidades.net/imagens/poltrona_hidraulica.jpg. Acesso em: 30 set. 2014.

Figura 59: Máquinas hidráulicas.

As máquinas hidráulicas são fundamentalmente constituídas por dois pistões, um grande e outro pequeno, que se deslocam dentro de cilindros num recipiente hermético cheio de um fluido onde o pistão menor, sobre o qual o operador aplica a sua força, faz surgir no pistão maior uma força que será superior ao esforço muscular aplicado. As máquinas hidráulicas multiplicam a força do operador. É importante notar que essa multiplicação não é milagrosa nem infinita. Ela é limitada pela quantidade de líquido disponível. Em geral as máquinas dispõem de um reservatório para fornecer o volume necessário. O ganho em força será acompanhado por uma perda em deslocamento. Para produzir um pequeno deslocamento no pistão de maior área é preciso que tenhamos um grande deslocamento no pistão menor.



Aqui iniciamos a segunda etapa do quinto ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 20 minutos.

Atividades Experimentais Demonstrativas

O objetivo destes experimentos é mostrar que a pressão exercida sobre um fluido se transmite igualmente a todas as demais regiões que ele banha, isto é, as pressões

exercidas sobre um fluido são transmitidas em todas as direções e sentidos. Exploraremos o funcionamento do elevador hidráulico e do freio hidráulico.

Questão prévia: Você já percebeu (ou ouviu falar) como é mais fácil dirigir e frear um veículo que possui o sistema hidráulico (direção hidráulica / freio hidráulico)? Ao pisar nos freios de um carro, por exemplo, fazemos pouco esforço, mas conseguimos pará-lo. Como isso ocorre?

27ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade, precisaremos de duas seringas de 20 mL, mangueira de equipossoro e água.

Retiraremos os êmbolos das seringas e as acoplaremos à mangueira. Encheremos o sistema com água, recolocaremos os êmbolos e não deixaremos formar bolhas de ar. Para realizarmos essa tarefa teremos que aplicar os conhecimentos sobre Hidrostática já adquiridos até esse momento: precisamos que uma das seringas fique completamente cheia de água e a outra completamente vazia. Para isso recolocaremos primeiramente um dos êmbolos (com as duas seringas inicialmente transbordando água) e o pressionaremos até o final. Com esse procedimento, a água irá transbordar pela outra extremidade e poderemos recolocar o outro êmbolo.

Colocaremos as duas seringas na vertical, uma com o bico para baixo e a outra com o bico para cima e empurraremos o êmbolo de uma delas.

Observe o que ocorre. O que aconteceu com o outro êmbolo? Em qual direção e sentido você empurrou o êmbolo e em qual direção e sentido o outro êmbolo se deslocou?

Repetiremos a experiência com as seringas em posição horizontal, apertando um dos êmbolos e observando o que ocorre com o outro. O que aconteceu com o outro êmbolo? Em qual direção e sentido você empurrou o êmbolo e em qual direção e sentido o outro êmbolo se deslocou?

Colocaremos agora, uma das seringas em posição vertical e outra na horizontal. Apertaremos o êmbolo horizontal. Observe o que ocorre. Em qual direção e sentido você empurrou o êmbolo e em qual direção e sentido o outro êmbolo se deslocou?

Repetiremos a experiência, apertando o êmbolo posicionado na vertical e observaremos o que ocorre com o êmbolo que está posicionado na horizontal. Em

qual direção e sentido você empurrou o êmbolo e em qual direção e sentido o outro êmbolo se deslocou?



Figura 60: Seringas conectadas pela mangueira.

Observe que um fluido é capaz de alterar a direção da força aplicada nele. Quando aplicamos no êmbolo da seringa uma força na horizontal, a força aplicada produz um acréscimo de pressão sobre a água, que é transmitida integralmente a todos os pontos do fluido atingindo a outra seringa até a sua extremidade, fazendo o êmbolo se deslocar. Neste caso, não há multiplicação da força, pois as áreas das seringas são iguais.

28ª Atividade Experimental Demonstrativa

Construiremos um modelo de elevador hidráulico através de seringas. Para fazermos nosso elevador, precisaremos de uma seringa de 20 mL, uma seringa de 60 mL, uma mangueira de equipossoro, um suporte para montarmos nosso elevador e água preferencialmente colorida.

As seringas serão usadas para a montagem do elevador hidráulico e a mangueira de equipossoro para fazer a conexão entre elas.

Retiraremos os êmbolos das seringas e conectaremos a mangueira de equipossoro a cada extremidade das seringas. Encheremos as seringas e a mangueira com água sem deixar formar bolhas de ar. Recolocaremos os êmbolos nas seringas sem deixar entrar bolhas de ar. A seringa menor deverá ficar vazia (mas sem ar). Para conseguirmos isso temos que nos apropriar dos conhecimentos sobre Hidrostática

que adquirimos até aqui. Precisamos deixar as seringas em desnível vertical para que consigamos colocar o êmbolo sem deixar entrar ar.

Fixaremos os êmbolos no suporte e colocaremos o conjunto em forma de U. Após esse procedimento, o elevador hidráulico está finalizado.

Apertamos um dos êmbolos e observaremos o que ocorre com o outro. Apertaremos o êmbolo menor fazendo-o descer o equivalente a três marcações maiores (aquelas marcações que a seringa possui, pode ser, por exemplo, 15 mL). Observe o que ocorre com o êmbolo maior. Qual o deslocamento vertical sofrido pelo êmbolo?

Apertaremos o embolo maior fazendo-o descer também o equivalente a três marcações maiores (aquelas marcações que a seringa possui, pode ser, por exemplo, 15 mL). O que ocorre com o embolo menor. Qual o deslocamento vertical sofrido pelo êmbolo?

Quando aplicamos uma força sobre o êmbolo, qual dos êmbolos produz o movimento de modo “mais fácil”? Os deslocamos dos êmbolos são iguais, ou seja, quando deslocamos um dos êmbolos em uma altura equivalente a três marcações, o outro também sofre o mesmo deslocamento? Qual o deslocamento vertical sofrido pelos êmbolos nas situações que exploramos acima?



Figura 61: Imagem do elevador hidráulico feito com seringas.

O funcionamento de um elevador hidráulico é baseado no Princípio de Pascal. A transmissão de pressão, feita através do fluido, permite que o deslocamento do êmbolo de área menor, produza o deslocamento do êmbolo de maior área. Analisando os deslocamentos dos êmbolos percebemos que apesar de “ser mais fácil” movimentar o sistema a partir da aplicação de uma força no êmbolo de menor área, os deslocamentos dos êmbolos não são iguais. Percebemos que um deslocamento do êmbolo de menor área produz um deslocamento menor no êmbolo

de maior área. O sistema hidráulico modifica a força aplicada, mas isso é acompanhado por mudança de deslocamento. O volume de líquido deslocado pelo êmbolo menor é transmitido para a seringa da direita. Como o volume de líquido deslocado deve ser o mesmo em ambos os lados, o êmbolo de maior área terá menor deslocamento e o êmbolo de menor área terá maior deslocamento.

29ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade precisaremos de duas seringas de 20 mL, uma seringa de 10 mL, mangueiras finas (para conectar as seringas), água, conexão em T para as mangueiras, uma roda de bicicleta e um suporte para a roda de bicicleta.

Inicialmente faremos um suporte de madeira para a roda de bicicleta e o seu freio hidráulico. Essa base deverá suportar a roda de bicicleta girando e deve manter as seringas que serão usadas como freio presas próximas à roda e bem firmes.

Para montarmos o freio, fixaremos as duas seringas maiores com seus êmbolos voltados para onde ficará a roda da bicicleta (parte interna do suporte).

Prenderemos a roda ao suporte de forma que ela possa girar livremente sobre seu eixo, mas o eixo da bicicleta deverá permanecer imóvel.

Conectaremos as mangueiras ao T, e preencheremos o sistema com água sem deixar bolhas de ar.

Encheremos a seringa pequena de água, conectaremos a seringa pequena a uma das mangueiras, ligaremos as outras duas mangueiras às seringas grandes sem deixar bolhas de ar no seu interior. Deixaremos um espaço pequeno entre os êmbolos e a roda.

O sistema de freio hidráulico está finalizado.



Figura 62: Montagem finalizada.

Giraremos a roda de bicicleta e depois apertaremos o êmbolo da seringa pequena. Observe o que ocorre.

Por que esse sistema permite frear a roda com facilidade? Por que as seringas devem ter tamanhos diferentes? Em nosso cotidiano, em quais equipamentos observamos a existência de sistemas hidráulicos?

Quando apertamos a seringa pequena deslocamos um volume do líquido e a pressão nas seringas permanece constante. Para isso o êmbolo das seringas grandes tem que se deslocar, como sabemos a pressão é a razão entre a força e a área $P = F/A$, como a área da secção reta das seringas maiores é maior que a área da secção reta da seringa menor a força nas seringas maiores será maior que a força aplicada na seringa menor, por essa razão conseguimos realizar frenagens sem muito esforço através de freios hidráulicos.

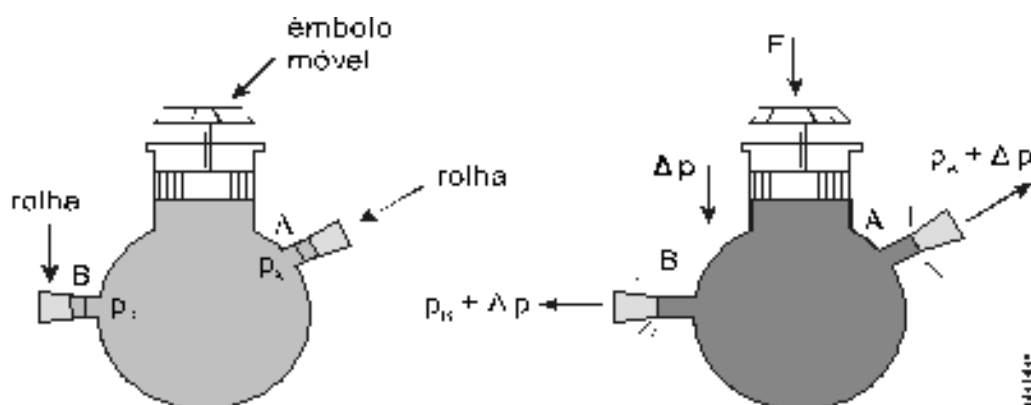
Quanto maior a diferença das áreas entre as seringas, maior será a diferença entre as forças aplicadas e recebidas entre as duas. O volume de fluido transmitido por uma seringa é igual ao volume do fluido recebido pela outra seringa, mas os deslocamentos não são iguais. A seringa de menor área terá maior deslocamento enquanto a de maior área terá menor deslocamento. No processo de frenagem, aplicamos uma força de menor intensidade na seringa menor, entretanto, temos que empurrá-la por uma distância maior que a distância de deslocamento da seringa maior.



Aqui iniciamos a Terceira Etapa do Quinto Ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 30min.

Lista de exercícios - Princípio de Pascal



1. (cftmg 2010 - MODIFICADA) Analise a situação a seguir representada.

Quando o êmbolo móvel é pressionado, ocorre um acréscimo de pressão em todos os pontos do fluido que provoca o deslocamento das rolhas. A explicação desse fenômeno foi desenvolvida por:

- a) Pascal. b) Stevin. c) Torricelli. d) Arquimedes

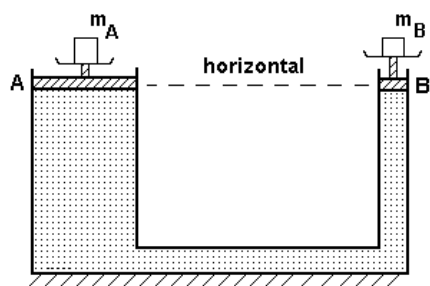
2. (Unitau 1995) A prensa hidráulica é baseada:

- a) no princípio de Pascal.
b) no princípio de Arquimedes.
c) na lei de Stevin.
d) na lei de Coulomb.
e) na lei de Avogadro.

3. (Espcex (Aman) 2013) Um elevador hidráulico de um posto de gasolina é acionado por um pequeno êmbolo de área igual a $4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$. O automóvel a ser elevado tem peso de $2 \cdot 10^4 \text{ N}$ e está sobre o êmbolo maior de área $0,16 \text{ m}^2$. A

intensidade mínima da força que deve ser aplicada ao êmbolo menor para conseguir elevar o automóvel é de

- a) 20 N b) 40 N c) 50 N d) 80 N e) 120 N



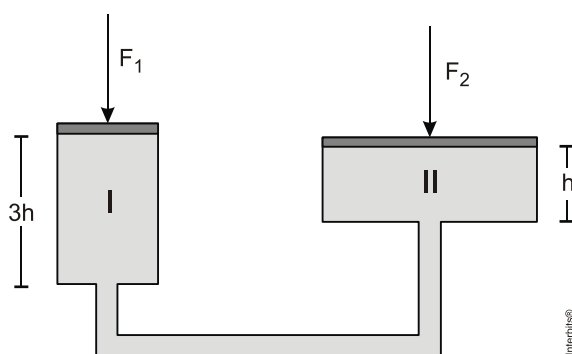
4. (Fuvest 1987) Considere o arranjo da figura a seguir, onde um líquido está confinado na região delimitada pelos êmbolos A e B, de áreas $a = 80 \text{ cm}^2$ e $b = 20 \text{ cm}^2$, respectivamente.

O sistema está em equilíbrio. Despreze os pesos dos êmbolos e os atritos. Se $m_A = 4,0 \text{ kg}$, qual o

valor de m_B ?

- a) 4 kg b) 16 kg c) 1 kg d) 8 kg e) 2 kg

5. (Uerj 2013) Observe, na figura a seguir, a representação de uma prensa hidráulica, na qual as forças F_1 e F_2 atuam, respectivamente, sobre os êmbolos dos cilindros I e II.



Admita que os cilindros estejam totalmente preenchidos por um líquido.

O volume do cilindro II é igual a quatro vezes o volume do cilindro I, cuja altura é o triplo da altura do cilindro II.

A razão $\frac{F_2}{F_1}$ entre as intensidades das forças, quando o sistema está em equilíbrio, corresponde a:

- a) 12 b) 6 c) 3 d) 2



Aqui iniciamos a primeira etapa do sexto ciclo.

Tempo previsto para aplicação: uma hora-aula.

Princípio de Arquimedes

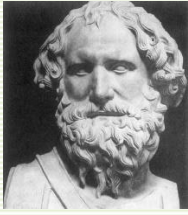


Sugerimos esse momento seja iniciado com a discussão da aparente redução do peso da quando imersa na água. Essa atividade será o organizador prévio dessa etapa e deverá ser conduzida através de questionamentos que permitam aos estudantes externalizar seus conhecimentos. Durante o debate, esperamos que o conceito de empuxo seja naturalmente introduzido. Na sequência, retomamos a questão de Arquimedes e a coroa do rei Hieron abordada na introdução desse estudo.

Quando mergulhamos em uma piscina, somos facilmente carregados no colo enquanto estamos imersos na água. De fato, todo corpo imerso em um líquido torna-se aparentemente mais leve e isso se deve à força vertical para cima que os líquidos exercem sobre os corpos neles imersos. Essa força é denominada de **empuxo**.

Retomaremos agora o problema de Arquimedes e a coroa do rei Hieron mencionado na introdução ao estudo da Hidrostática. Hieron propôs ao Arquimedes a solução de um problema: provar, sem destruir a coroa, se esta era constituída por uma mistura de metais ou por ouro puro. Conta-nos a história que Arquimedes encontrava-se no banho quando descobriu o princípio que viria solucionar o caso, saiu nu pelas ruas e foi procurar a coroa para determinar imediatamente a perda de peso que ela experimentaria em sua imersão. A perda de peso de um corpo imerso é igual ao peso da água que ele deslocou. Conhecendo o peso da água deslocada, determina-se o volume, que é igual ao da coroa. Conhecendo-se o peso da coroa, calcula-se imediatamente a densidade do material de que é feita e, finalmente, sabendo-se a densidade do ouro pode-se comparar se a coroa é constituída por ouro puro ou uma mistura de outros metais.

Arquimedes (287 a.C – 212 a.C)



Créditos da imagem:

http://www.educ.fc.ul.pt/icm/icm99/icm15/images/Archimedes_7.jpeg. Acesso em: 18 nov. 2014e

Foi matemático, físico, engenheiro, inventor, e astrônomo grego. Embora poucos detalhes de sua vida sejam conhecidos, é considerado um dos principais cientistas da Antiguidade Clássica. Contribuiu para o estudo da hidrostática e da estática, realizando estudos sobre o empuxo e o princípio de funcionamento da alavanca. Inventou vários tipos de máquinas para usos militar e civil, incluindo armas de cerco, e a bomba de parafuso que leva seu nome. Conta-se que, para defender sua cidade, projetou máquinas capazes de levantar navios inimigos para fora da água e colocar navios em chamas usando um conjunto de espelhos. É considerado um dos maiores matemáticos da antiguidade (e todos os tempos). Ele usou o método da exaustão para calcular a área sob o arco de uma parábola utilizando a soma de uma série infinita, e também encontrou uma aproximação bastante acurada do número π . Desenvolveu a espiral que leva seu nome, fórmulas para os volumes de sólidos de revolução e um engenhoso sistema para expressar números muito grandes. Provou que a esfera tem exatamente dois terços do volume e da área da superfície do cilindro a ela circunscrito (incluindo as bases do último). Durante o cerco a Siracusa, foi morto. Arquimedes teve uma importância decisiva no surgimento da ciência moderna, tendo influenciado muitos cientistas.

Arquimedes constatou que todo corpo imerso ou parcialmente imerso em um fluido recebe deste uma força. Podemos enunciar o Princípio de Arquimedes da seguinte forma:

Todo corpo imerso em um fluido sofre a ação de uma força – denominada empuxo – dirigida verticalmente para cima, cujo módulo é igual ao módulo do peso do volume do fluido deslocado.

O empuxo é uma força que depende da densidade do líquido, do volume da parte do corpo imersa no líquido e da aceleração da gravidade local. Ele não tem relação com o material que compõe o corpo ou com sua forma e tem intensidade igual à do peso do volume de líquido deslocado pelo corpo.

O que determina a existência do empuxo? A resposta a essa questão está relacionada à pressão exercida pela água.

A pressão hidrostática da água do recipiente aumenta com a profundidade. Isso faz com que surjam forças devido a diferença de pressão entre as camadas mais profundas e as mais superficiais. A força resultante dessa diferença de pressão, para o volume de água em questão, é igual ao peso da água presente no copo e é dirigida verticalmente de baixo para cima. Se agora um sólido ocupar efetivamente o lugar da água (lembre – se que dois corpos não podem ocupar o mesmo lugar no espaço ao mesmo tempo, o que implica que se o corpo entra, a água sai) a pressão hidrostática sobre ele permanecerá a mesma. A pressão hidrostática submete um corpo mergulhado num líquido a uma força ascendente vertical, de intensidade igual ao peso da água que ele deslocou. É este o princípio de Arquimedes.

O princípio de Arquimedes aplica-se a todos os fluidos. Se mergulharmos num fluido de densidade ρ um corpo de volume V , o peso do líquido deslocado será igual a $\rho.V.g$ (que é o peso do fluido deslocado). Esse será o empuxo, E , exercido pelo fluido sobre o corpo.

$$E = \rho \cdot V_{sub} \cdot g$$

Flutuação dos corpos

O empuxo explica por que as pessoas se sentem mais leves quando estão imersas na água, por que os navios flutuam e os balões sobem. No entanto, há duas situações distintas a destacar: a primeira quando o corpo está completamente imerso e a segunda quando parcialmente imerso, flutuando.

Corpo inteiramente imerso

Mergulhando totalmente um corpo num líquido, no instante em que o soltamos ele pode afundar, flutuar ou permanecer em equilíbrio. Observe algumas condições:

Se $P_c > E$, o corpo afunda. Isso ocorre quando $d_{corpo} > d_{fluido}$.

Se $P_c = E$, o corpo se equilibra e estará totalmente imerso. Isso ocorre quando $d_{corpo} = d_{fluido}$.

Se $P_c < E$, o corpo sobe e flutua, nessa condição o corpo ficará parcialmente imerso. Isso ocorre quando $d_{corpo} < d_{fluido}$.

Corpo parcialmente imerso

Se o corpo está flutuando em equilíbrio no líquido, conclui-se que o empuxo equilibra o peso do corpo. Nessas condições, o módulo do peso do corpo é igual ao módulo do empuxo exercido pelo líquido, ou seja,

$$P_c = E.$$

O corpo flutua porque o módulo do seu peso é igual ao módulo do empuxo exercido pelo líquido. Nesse caso, o volume do líquido deslocado pelo corpo é menor que o volume do corpo. É possível obter uma relação entre as densidades do líquido e do corpo. Basta lembrar que o peso do corpo pode ser expresso por:

$$P_c = d_c V_c g$$

Como a expressão do empuxo é:

$$E = d_L V_L g$$

Como

$$P_C = E,$$

Temos:

$$d_C V_C g = d_L V_L g$$

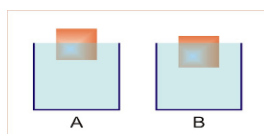
$$d_C V_C = d_L V_L ,$$

Assim, sempre que um corpo maciço flutua, o volume do líquido deslocado (V_L) é menor que o volume do corpo (V_C). Assim, da expressão acima, pode-se deduzir que, nessas condições, a densidade do corpo é menor do que a densidade do líquido. Por essa razão, muitas espécies de madeira flutuam na água, a parafina flutua no álcool, o óleo flutua na água e afunda no álcool.

Ainda dessa expressão, pode-se concluir que, se a densidade do corpo for maior que a do líquido, o corpo afunda, pois, para flutuar o volume do líquido deslocado deveria ser maior do que o do próprio corpo, mas como o volume de um corpo maciço, sólido, é praticamente constante, seu volume não pode aumentar.

Sugerimos que nesse momento ocorra a discussão das seguintes questões com o objetivo de investigar o compartilhamento de significados acerca dos conceitos estudados.

- (1) *Dois cubos idênticos flutuam em líquidos A e B, conforme indica a figura. Qual dos líquidos tem maior densidade?*



- (2) *Dois blocos sólidos de tamanhos idênticos são submersos em água. Um deles é de chumbo, e o outro de alumínio. Sobre qual dos dois blocos a força de empuxo é maior?*
- (3) *O azeite e o gelo possuem a mesma densidade (0,92 g/cm³). O que ocorrerá quando colocarmos uma “pedra de gelo” em um recipiente que contém azeite?*
- (4) *Um objeto menos denso que o líquido flutua quando colocado nesse líquido e um objeto mais denso que o líquido afunda quando colocado nesse líquido. Em termos de força de empuxo, qual a explicação para isso?*

Com efeito, o princípio de Arquimedes tanto é válido para o ar como o é para a água. Sobre um objeto rodeado de ar atua uma impulsão igual ao peso do ar deslocado.

Devido a existência do empuxo, os balões de hidrogênio podem transportar cargas consideráveis. Aeróstatos é a denominação dada aos dirigíveis que flutuam no ar e foram os primeiros dispositivos que permitiram aos homens voar. Hoje ainda, engenhos deste tipo munidos de uma barquinha estanque servem para o estudo das camadas superiores da atmosfera. Denominados balões estratosféricos, eles já ultrapassam os 20 quilômetros de altitude munidos de instrumentos de medida via ondas de rádio. A estas altitudes as correntes aéreas são muito estáveis e pode-se calcular previamente o itinerário. Se for preciso, pode-se modificar automaticamente a força ascensional deixando escapar gás ou largando lastro. Os aeróstatos dotados de um motor com hélice são denominados dirigíveis, e possuem forma aerodinâmica.

Os densímetros também são baseados neste princípio. Mergulhados num líquido, esses aparelhos penetram mais ou menos, em função da densidade do líquido. O equilíbrio estabelece-se quando o empuxo se iguala o peso do densímetro. O instrumento comporta uma escala e a densidade lê-se no traço que coincide com o nível do líquido.

Peso aparente

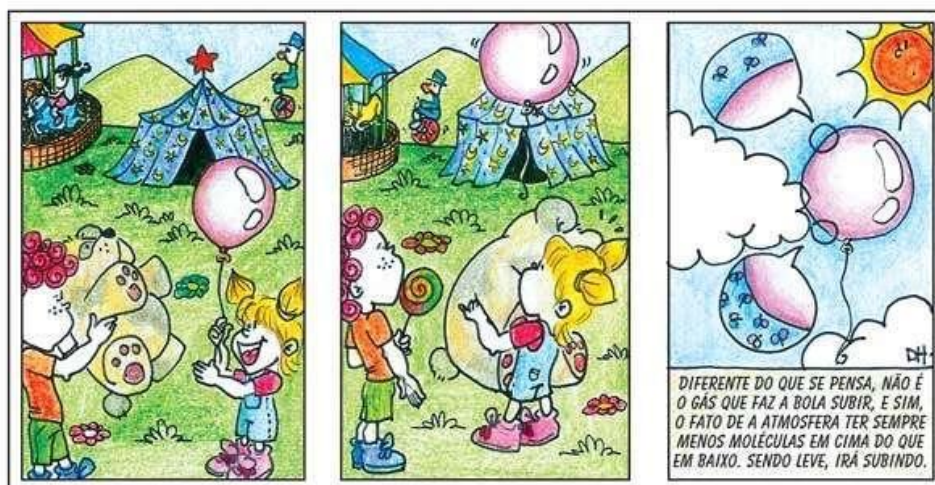
Se colocarmos uma pedra sobre uma balança calibrada para medir peso, então a leitura da escala é o peso da pedra. Contudo se fizermos isso submersos na água, o empuxo para cima da água sobre a pedra diminui a leitura. A essa leitura damos o nome de peso aparente. Em geral, um peso aparente de um corpo está relacionado com seu peso real e com o empuxo sobre ele por:

$$(\text{Peso aparente}) = (\text{Peso real}) - (\text{Módulo do empuxo})$$

Podemos escrever a expressão acima da seguinte forma:

$$P_{ap} = P_{real} - E$$

Sugerimos nesse momento a leitura e discussão da charge apresentada a seguir.



Créditos da charge:

http://www.cbpf.br/~eduhq/html/tirinhas/tirinhas_assunto/fisica/fisica.php?pageNum_Recordset1Fisica=6&totalRows_Recordset1Fisica=226&123=7. Acesso em: 30 ago. 2014

Ampliando um pouco mais essa discussão sobre o PESO do ferro e do algodão, poderíamos dizer que ambos possuem o mesmo peso, mas que, se fossem colocados em uma balança de pratos a tendência é a balança tombar para o lado que contém o ferro. Sobre um objeto rodeado de ar atua um empuxo igual ao peso do ar deslocado. Considerando que a densidade do ar é aproximadamente $1,29 \text{ kg/m}^3$, a aceleração da gravidade $9,8 \text{ m/s}^2$, a massa específica do ferro 7900 kg/m^3 e a do algodão 260 kg/m^3 , podemos determinar o volume ocupado pelo ferro e pelo algodão.

Realizando os cálculos, obtemos: o volume de ferro = $1,27 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ e o do algodão = $3,85 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$. Calculando o empuxo, encontraremos: $E_{\text{ferro}} = 0,0016 \text{ N}$ e $E_{\text{algodão}} = 0,0497 \text{ N}$. Apesar de terem o mesmo peso, o "peso aparente" não é o mesmo sendo que o peso aparente do ferro é de $P_{a \text{ Ferro}} = 10 - 0,0016 = 9,9984 \text{ N}$ e o do algodão $P_{a \text{ Algodão}} = 10 - 0,0497 = 9,9503 \text{ N}$.



Como o algodão tem um peso aparente menor, a balança "indicaria" o ferro como sendo mais pesado devido à existência do empuxo. É verdade que nós não iríamos conseguir perceber pois essa diferença equivale a uma massa de aproximadamente 5 gramas, e apenas uma balança com boa precisão perceberia. Vale ressaltar que no vácuo não haveria diferença e assim, qualquer pesagem feita com precisão deverá, portanto, considerar a perda aparente de peso devida ao empuxo do ar.



Sugerimos ao professor que retome nesse momento as cinco primeiras Atividades Experimentais Demonstrativas, abordando agora o Princípio de Arquimedes. Explore a situação onde os objetos ficam completamente submersos e apoiados no fundo do recipiente (peso > empuxo), no meio do recipiente e na superfície (com o volume parcialmente submerso) (peso = empuxo). O segundo experimento proposto, poderá ser retomado na Proposta Experimental que aborda o princípio de funcionamento do submarino. Podemos estabelecer a relação entre as forças peso e empuxo e retomar a segunda Lei de Newton, enfatizando para o aluno que os PROBLEMAS propostos pela NATUREZA não estão fragmentados e para resolvê-los precisamos “juntar” vários conhecimentos. Ainda em relação a segunda atividade, deixando-a cair a partir de uma pequena altura acima da superfície do líquido é possível explorar as forças que atuam sobre o movimento (durante a queda, durante a imersão e durante a emersão). Com relação a última atividade, podemos discutir também a dilatação anômala da água no momento em que for oportuno.



Aqui iniciamos a segunda etapa do sexto ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 30 minutos.

Atividades Experimentais Demonstrativas

O objetivo destas atividades é verificarmos a ação do empuxo exercida num corpo imerso em um fluido.

Questão prévia: O que ocorre com a água de uma piscina (completamente cheia) quando uma pessoa entra dentro dela? Por que uma pessoa, quando submersa na água de uma piscina, é facilmente carregada no colo?

30ª Atividade Experimental Demonstrativa

Para realizarmos essa atividade vamos precisar de 1 garrafa PET 2L, 1 garrafa PET 600mL, uma balança digital portátil, um marcador permanente de CD, uma seringa de 60ml, barbante e água.

Inicialmente, com o auxílio da seringa vamos fazer as marcações dos volumes das garrafas de 50 ml em 50ml. Em seguida, colocaremos o barbante na tampa da garrafa de modo a fazer um suporte para acoplar a balança e colocaremos água colorida no interior da garrafa menor. Após isso, vamos fazer a leitura do valor

indicado pela balança. Em seguida, mergulharemos a garrafa menor na água contida na garrafa maior.

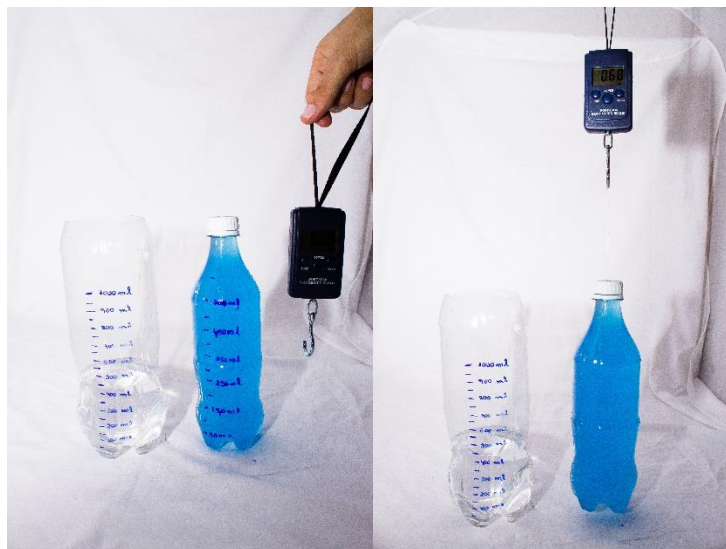


Figura 63: Equipamento para inferir a existência do empuxo.

Observe o que ocorre com o nível de água dentro do recipiente quando introduzimos a garrafa.

Vamos suspender a garrafa de 600 ml utilizando a balança. Vamos mergulhá-la completamente em água. O que ocorre com a indicação da balança quando a garrafa fica submersa? Por que isso ocorre?

O Teorema de Arquimedes diz que todo corpo sólido, mergulhado num fluido em equilíbrio, recebe uma força de direção vertical e sentido de baixo para cima cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado. Quando submergimos a garrafa na água, a balança indica um valor menor, dando uma impressão que o peso da garrafa diminuiu. Como a massa do corpo não mudou e nem aceleração da gravidade, a explicação possível para a redução desse valor é que ao mergulhar a garrafa na água, surge nela uma força dirigida de baixo para cima. Essa força é denominada de empuxo.

31ª Atividade Experimental Demonstrativa

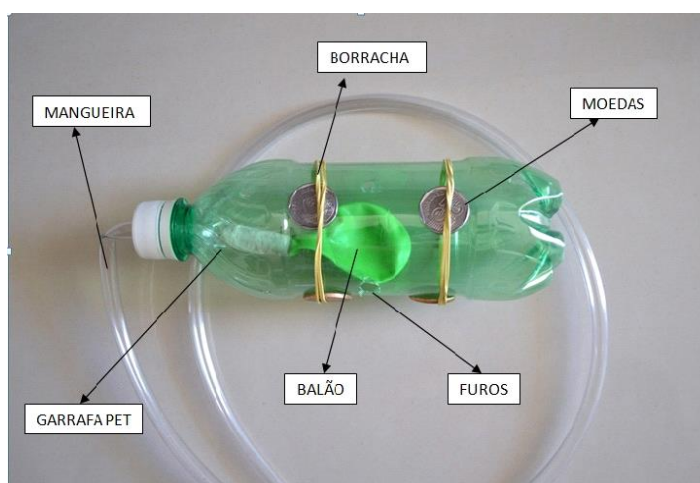
Vamos fazer um experimento que permite reproduzir o movimento do sobe e desce de um submarino. Construiremos um submarino de Garrafa PET e faremos a

simulação de seu princípio de funcionamento dentro de um recipiente contendo água.

Para realizarmos essa atividade, vamos precisar de um aquário pequeno (pode ser substituído por uma vasilha transparente), uma garrafa PET de 600 ml, um balão de festa de aniversário, uma mangueira de 1m de comprimento, elásticos de dinheiro, moedas ou pregos grandes.

Faremos pequenos furos na garrafa PET. Para isso podemos aquecer a ponta de um prego (cuidado ao segurá-lo, pois o ferro é bom condutor de calor, o que pode fazer com que você se queime) ou também utilizar uma furadeira. Precisamos fazer um furo também na tampa da garrafa.

Passaremos a mangueira pelo furo e prenderemos o balão na extremidade da mangueira. Colocaremos o balão dentro da garrafa e fecharemos com a tampa. Amarraremos o elástico os pregos ou as moedas ao redor da garrafa.



Créditos da imagem: Rogério Oliveira Silva

Figura 64: Foto do submarino construído com Garrafa PET.

Após todo esse procedimento, colocaremos a garrafa (nosso submarino) na superfície da água. Observe o que ocorre.

A água entra pelos furos que foram feitos ao redor da garrafa e começa a afundar.

Depois que a garrafa submergir, inflaremos o balão. Para isso basta soprarmos a extremidade da mangueira que está conectada ao balão. Observe o que ao soprarmos a mangueira.

Parte da água que se encontra no interior da garrafa é forçada a sair. Isso faz com que a densidade do submarino mude e ele começa a flutuar.

Sopramos lentamente a extremidade da mangueira até conseguir colocar o “Submarino” na superfície da água. Tamparemos o orifício da mangueira com o dedo para impedir que o ar escape do balão. Após esse procedimento, deixaremos o ar escapar lentamente.

Observe o que acontece.

Esta experiência exemplifica o movimento que ocorre em um submarino. Os submarinos possuem compartimentos que podem ser preenchidos por água ou ar. Quando preenchidos com água, o submarino afunda. É possível controlar a profundidade do submarino a partir do nível de água nesses compartimentos. Para o submarino imergir na água é necessário que ar seja introduzido no compartimento fazendo com que o submarino diminua sua densidade e assim possa subir.

Podemos explicar esse fenômeno utilizando aos conceitos de força peso e força empuxo. No início, a água ocupa todo o interior do tanque de lastro, representado pela garrafa PET. Nessa situação, o peso do submarino é maior do que a força que a água exerce sobre o mesmo (empuxo), fazendo com o submarino fique no fundo do recipiente. O empuxo é a força exercida pela água do mar sobre o submarino, sendo igual ao peso da água deslocada pelo submarino. A introdução de ar no tanque de lastro diminui o valor do peso do submarino, fazendo com que o empuxo se torne maior que o peso, produzindo uma força resultante ascendente que promove o movimento do submarino para a superfície do oceano.

O princípio de funcionamento de um submarino está baseado na variação do seu peso, através da admissão de água em seus compartimentos estanques. Uma vez que a água é admitida, o submarino começa sua imersão. Antes da imersão total, o empuxo varia continuamente igualando-se ao peso, o qual muda enquanto a água está sendo admitida em seus tanques. Quando está totalmente submerso, o empuxo atuante sobre o submarino não é mais variável, já que o volume do submarino não varia (desconsiderando as deformações sofridas pelo casco em águas profundas). Então, a admissão de água em seu interior permite o aumento de seu peso fazendo-o imergir ($P > E$). Pode-se emergir ativando as bombas (via ar comprimido) para a retirada de água de seus tanques. O submarino pode navegar submerso quando o

equilíbrio é alcançado, ou seja, o seu peso é igual ao empuxo ($P = E$). Quando isto acontece, as comportas de admissão de água são fechadas. A navegação é feita utilizando suas hélices.

Os navios de carga ficam sujeitos a uma grande redução de seu peso quando são descarregados e há um aumento expressivo de peso quando são carregados. A parte do navio que fica submersa, todavia, não pode variar muito, pois, as grandes ondas e ventos laterais poderiam fazer com que o navio tombasse em pleno mar. Como esse problema é resolvido? A resposta está relacionada aos mesmos tanques de lastro utilizados nos submarinos. Os navios e seu sistema de lastro podem causar vários impactos ambientais. Por viajar grandes distâncias no mar, os navios transportam diversas espécies de bactérias, larvas, plantas e animais provenientes de lugares distantes que podem invadir um ecossistema e, por falta de predadores, tornarem-se uma praga invasora. O papel do tanque de lastro é o mesmo para barcos e submarinos. Seu objetivo é garantir que o centro de gravidade (CG) do corpo fique que abaixo do centro de pressão (CP), assegurando a estabilidade vertical, do contrário, a embarcação adernaria.

32ª Atividade Experimental Demonstrativa

Nessa atividade, vamos explorar o Princípio de Arquimedes e o funcionamento dos sinos de mergulho, através de um ludião.

Para realizarmos essa atividade será necessária uma garrafa de plástico de refrigerante vazia, massa de modelar, tampa de caneta sem furo na ponta (ou podemos usar massa de modelar para tampar o furo) e um copo de vidro ou plástico.

Primeiramente, encheremos o copo com água. Colocaremos certa quantidade de massa de modelar na ponta da alça da caneta e colocaremos a tampa com a massa na posição vertical no copo, alterando a quantidade de massinha até que tampa com a massa flutue no copo.

Encheremos o máximo possível a garrafa plástica com água e colocaremos dentro da garrafa a tampa de caneta com a massa que flutuou anteriormente, também na posição vertical. Observar que a tampa com massinha também flutua na garrafa com água.

Tamparemos a garrafa e a apertaremos. Observe o que ocorre.

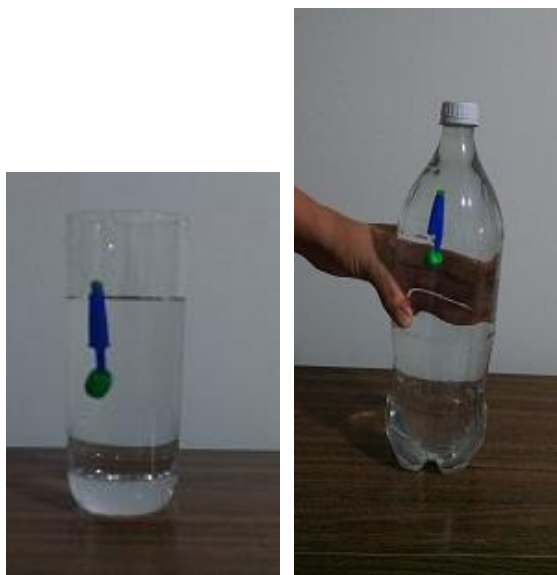


Figura 65: Ludião construído com tampa de caneta e garrafa PET.

Por que ao pressionarmos a garrafa fazemos o ludião se movimentar?

Nessa experimentação verificamos que a tampa da caneta com massinha afunda, quando a garrafa é pressionada. Quando deixamos de aplicar pressão sobre a garrafa, a tampa com a massinha sobe.

Existem duas formas de explicar o funcionamento desse experimento. O que as distingue é a escolha de qual parte do sistema considera-se como o ludião em si. Numa, o ludião é constituído pelo lastro, o recipiente e o bolsão de ar que se forma em seu interior. Na outra, o ludião é formado pelo lastro, o recipiente, o bolsão de ar e o volume de água que entra no recipiente, comprimindo o bolsão de ar. Na primeira, o volume do ludião é variável; na segunda, é constante. Portanto, são duas as possibilidades de análise:

- 1) empuxo variável e peso constante;
- 2) empuxo constante e peso variável.

Na primeira abordagem, o caso do mergulhador cartesiano, o processo é passivo e se deve a variação externa da pressão. O compartimento do ludião está sempre aberto e o volume do bolsão de ar varia de acordo com a pressão hidrostática própria na profundidade instantânea do ludião, o que gera variação no fluido deslocado e consequentemente alteração no empuxo. Ao se apertar a garrafa plástica sua parede deforma-se e produz-se um acréscimo de pressão que se

transmite integralmente para todos os pontos da água (Princípio de Pascal). Este acréscimo de pressão se transmite para a parte aberta do ludião, a água penetra no seu interior comprimindo o ar lá existente. Em consequência, o empuxo sobre a ampola diminui e ela afunda. Desapertando a garrafa, a parede retorna ao formato original e o ar interior do ludião expande-se, expulsando o excesso de água do seu interior. Ocorrendo isto, o empuxo aumenta e o ludião sobe até a superfície.

Na segunda abordagem, apertando a garrafa, o acréscimo de pressão é transmitido através da água ao ludião. Isso faz com que o ludião se encha um pouco mais com água, comprimindo o ar aprisionado em sua parte superior. O peso do ludião se torna maior que o empuxo aplicado sobre ele. Descomprimindo a garrafa, a pressão da água diminui e o ar dentro do ludião empurra para fora parte da água nele contida. O empuxo sobre o ludião torna-se maior que seu peso fazendo-o subir.

Esse experimento pode ser feito usando, no lugar de nosso 'ludião', palito de fósforo. As bolsas de ar aprisionadas nas irregularidades da madeira do palito funcionarão do mesmo modo que o ar aprisionado no interior de nosso 'ludião'. Este tem irregularidades fazendo bolsões de ar, quando a pressão aumenta (apertando a borracha) a água penetra nesses bolsões (comprimindo o ar existente). Isso aumenta o peso do palito (ficando maior que o empuxo) e ele afunda. Ao aliviar a pressão sobre a borracha, o ar comprimido nos bolsões empurra a água para fora, o peso do palito diminui, o empuxo ganha e o palito sobe.

Na experiência, quando a garrafa não está pressionada, a tampa de caneta está quase completamente cheia de ar; assim sua densidade é menor e ela flutua. Quando pressionada a garrafa, parte do interior da tampa se enche de água, aumentando a sua densidade, e ela afunda.

O sino de mergulho foi um dos primeiros equipamentos para exploração subaquática, possibilitando mergulhadores respirar normalmente ao baixar um caldeirão sobre a água, pois este não enche de água, mas retém o ar, quando forçado a submergir. Seu uso foi relatado por Aristóteles no século IV a.C. Em 1535, Guglielmo de Lorena criou e usou o que é considerado o primeiro sino de mergulho moderno. Sua primeira aplicação foi provavelmente a pesca comercial de esponjas. Essa prática milenar predatória, felizmente, passou a ser considerada crime ambiental, mas apenas há uns 20 anos. Em 1628, um sino de mergulho foi usado para recuperar um canhão do famigerado e malfadado navio de guerra sueco Vasa.

Em 1690, Edmund Halley inventou um sino de mergulho que permitia uso prolongado, onde barris com ar fresco eram baixados da superfície. Nos sinos atuais, o ar é renovado através de uma mangueira ligada a uma bomba na superfície. Eles servem como habitat submarino e oferecem um ambiente seco pressurizado no qual mergulhadores podem descansar sem ter que passar pelo demorado processo de descompressão, necessário após mergulhos além de 10 m de profundidade.

O texto Ludião versus princípio do submarino (DE JESUS, V. L. B.; MARLASCA, C.; TENÓRIO, A. Ludião versus princípio do submarino. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, 2007) traz uma importante reflexão sobre o princípio de funcionamento do ludião e o princípio de funcionamento do submarino, que resumidamente apresentamos no texto acima.

O trabalho de Santos, Santos e Berbat (SANTOS, F. C. dos; SANTOS, W. M. S.; BERBAT, S. da C. Uma análise da flutuação dos corpos e o princípio de Arquimedes. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 29, n.2, 2007) propõe uma dedução do princípio de Arquimedes, a partir de uma experiência de caráter demonstrativo, sobre o equilíbrio de corpos flutuantes em uma cuba.

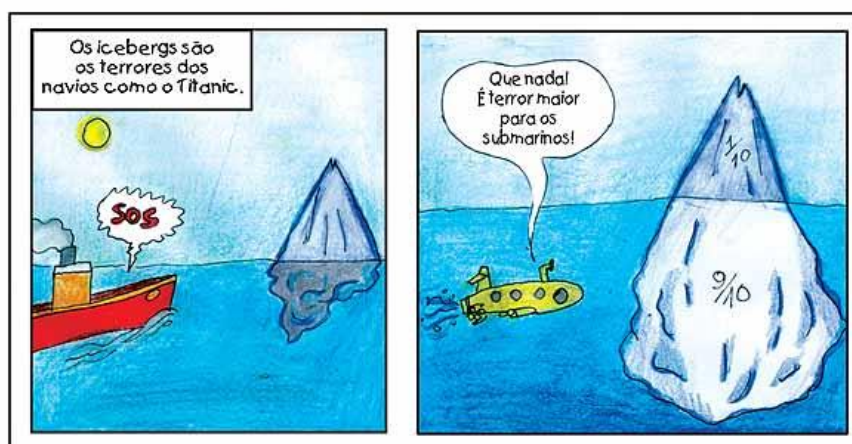


Lima, Venceslau e Brasil (LIMA, F.M.S.; VENCESLAU, G.M.; BRASIL, G.T. A downward buoyant force experiment. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 36, n. 2, 2014) apresentam um experimento simples mostrando que o princípio de Arquimedes é inadequado para casos em que há contato do corpo com o recipiente.

Oliveira (OLIVEIRA, L. D. de. Pense e responda! Uma balança em equilíbrio possui em seus braços corpos com a mesma massa? Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n. 1: p. 99-102, abr. 2008) discute o questionamento: o que pesa mais: um quilo de algodão, ou um quilo de chumbo?

Oliveira (OLIVEIRA, L. D. de. Titanic, Jack, Rose e o princípio de Arquimedes. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 2: p. 283-288, ago. 2012) analisa fisicamente uma cena do filme Titanic associada à flutuação dos corpos e ao Princípio de Arquimedes, sugerindo que a instigante análise possa ser realizada em aulas de Física.

Sugerimos que a charge a seguir seja trabalhada com os estudantes fazendo uma discussão dos diversos conceitos estudados nos seis ciclos.



Créditos

da

charge:

http://www.cbpf.br/~eduhq/html/tirinhas/tirinhas_assunto/fisica/fisica.php?pageNum_Recordset1Fisica=131&totalRows_Recordset1Fisica=226. Acesso em: 30 ago. 2014



Indicamos a utilização da simulação computacional sobre o funcionamento do submarino (disponível em: <http://www.fisica.ufpb.br/~romero/objetosaprendizagem/Rived/12Hidrostatica/animacao/anim.html>).



Aqui iniciamos a terceira etapa do sexto ciclo.

Tempo previsto para aplicação: 30min.

Lista de exercícios - Princípio de Arquimedes

1. A existência do empuxo é um fenômeno que se verifica:
 - a) apenas na água
 - b) apenas no ar
 - c) apenas nos líquidos
 - d) apenas nos gases
 - e) nos fluidos

2. Um corpo completamente imerso num líquido recebe deste um empuxo, em módulo, sempre igual:
- a) ao seu próprio peso
 - b) à sua própria massa
 - c) ao seu peso aparente
 - d) ao peso do volume de líquido deslocado
 - e) ao volume de líquido deslocado
3. (Unesp 1995) Considere o Princípio de Arquimedes aplicado às situações descritas e responda.
- a) Um submarino está completamente submerso, em repouso, sem tocar o fundo do mar. O módulo do empuxo, exercido pela água no submarino, é igual, maior ou menor que o peso do submarino?
 - b) Quando o submarino passa a flutuar, em repouso, na superfície do mar, o novo valor do empuxo, exercido pela água do submarino, será menor que o valor da situação anterior (completamente submerso). Explique por quê.
4. (Unesp 1990) Um dentista entregou a uma firma 50 gramas de titânio para a confecção de implantes. Embora a massa total das peças acabadas fosse exatamente 50 gramas, surgiu a suspeita de que parte do metal tivesse sido trocada por um material de menor valor. Sugira um procedimento que possa comprovar a eventual fraude, sem destruir ou desmanchar as peças e mencione os princípios ou leis físicas envolvidas.
5. (Faap 1996) Um tronco de árvore de $0,8 \text{ m}^3$ de volume flutua na água com metade do seu volume submerso. Qual é o empuxo de água sobre o tronco?
- Dados: $g = 10 \text{ m/s}^2$ densidade da água = 1000 kg/m^3
- a) 80 N b) 400 N c) 800 N d) 4 000 N e) 8 000 N
-
-

6. (PUC-PR) O empuxo é um fenômeno bastante familiar. Um exemplo é a facilidade relativa com que você pode se levantar de dentro de uma piscina em comparação com tentar se levantar de fora da água, ou seja, no ar.
- De acordo com o princípio de Arquimedes, que define empuxo, marque a proposição correta:

- a) Quando um corpo flutua na água, o empuxo recebido pelo corpo é menor que o peso do corpo.
- b) O princípio de Arquimedes somente é válido para corpos mergulhados em líquidos e não pode ser aplicado para gases.
- c) Um corpo total ou parcialmente imerso em um fluido sofre uma força vertical para cima e igual em módulo ao peso do fluido deslocado.
- d) Se um corpo afunda na água com velocidade constante, o empuxo sobre ele é nulo.
- e) Dois objetos de mesmo volume, quando imersos em líquidos de densidades diferentes, sofrem empuxos iguais.

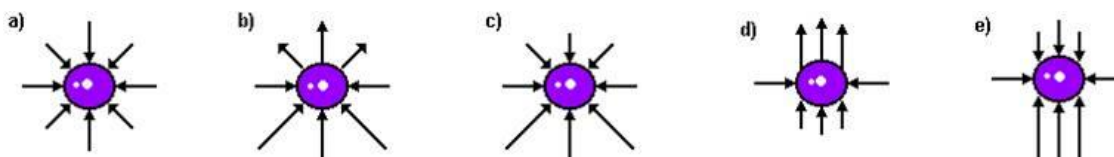
7. (UNIRIO-RJ) Arquimedes (287 - 212 a.C.), filósofo grego, nasceu em Siracusa. Foi, talvez, o primeiro cientista experimental de que se tem notícia. Construiu armas defensivas importantes para sua cidade natal que, periodicamente era invadida pelos romanos. É sobre Arquimedes uma das mais curiosas histórias sobre resolução de um problema: ele se encontrava no banho, pensando no problema, ao perceber que teria encontrado a solução, saiu nu pelas ruas, gritando: "Eureka! Eureka!" (Achei! Achei!).

Deve-se a Arquimedes o conhecimento de que todo corpo imerso num fluido sofre a ação de uma força, feita pelo fluido - denominada empuxo - de direção vertical e sentido para cima, cujo módulo é igual ao peso do fluido deslocado.

Uma esfera encontra-se submersa em água. Infinitos são os pontos de contato da água com a esfera.



A representação da força que a água exerce sobre a esfera, em apenas oito pontos de contato, está corretamente desenhada na alternativa:



8. (Uff 2007) Em 2006 comemoramos o centenário do voo de Santos Dumont com o seu 14 Bis, que marca a invenção do avião. Em seu livro "Os meus balões", o inventor relata um incidente ocorrido em uma de suas experiências com balões cheios de hidrogênio: "Quando estávamos a grande altitude, uma nuvem passou diante do Sol. Por causa da sombra assim produzida, o balão começou a descer, a princípio lentamente, depois cada vez mais rápido".

(Adaptado de "Os meus balões", Santos Dumont)

Considere as afirmativas de I a V.

- I) O volume do balão diminuiu porque a temperatura do gás em seu interior diminuiu.
- II) O aumento da pressão atmosférica empurrou o balão para baixo.
- III) O empuxo sobre o balão diminuiu.
- IV) O empuxo permaneceu constante e o peso do balão aumentou pela condensação de água em sua superfície.
- V) Peso e empuxo têm uma resultante que provocou no balão uma aceleração para baixo.

Assinale a opção que só contém afirmativas corretas.

- a) I e II b) I, II e V c) I, III e V d) I, IV e V e) II e V

9. (Unitau 1995) Um navio de 100 toneladas, após receber certa quantidade de sacos de café, de 60 kg cada, passou a ter um volume submerso $V = 160 \text{ m}^3$. Quantas sacas de café entraram no navio se a densidade da água é $1,0 \text{ g/cm}^3$?

10. (Mackenzie 1996) Um corpo flutua em água (massa específica = 1 g/cm^3) com $3/4$ de seu volume imerso. A densidade desse corpo é:

- a) $1,30 \text{ g/cm}^3$ b) $0,75 \text{ g/cm}^3$ c) $0,60 \text{ g/cm}^3$ d) $0,50 \text{ g/cm}^3$ e) $0,25 \text{ g/cm}^3$





Finalizando esse último ciclo, sugerimos a leitura e discussão do Artigo científico: Arquimedes e a coroa do rei: Problemas Históricos de Roberto de Andrade Martins (Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/download/6769/6238> Acesso em: 16 nov. 2014) e do texto “O caso da energia desaparecida” que se encontra no livro As aventuras Científicas de Sherlock Holmes – O paradoxo de Einstein e outros mistérios de Colin Bruce. Tais textos, além de incentivar à leitura na EJA, incitam a discussão do método científico.

Referências utilizadas como aporte teórico para escrita desse produto

ARQUIMEDES. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em:< <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arquimedes>> Acesso em: 10 set. 2014.

ARTUSO, A. R.; WRUBLEWSKI, M. **Física 1**. 1ª Edição. Curitiba: Editora Positivo, 2013.

BARRETO FILHO, B.; SILVA, C. X. **Física Aula por Aula**. Mecânica: 1º ano. 2ª edição. São Paulo: FTD, 2013.

BLAISE Pascal. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em:< https://pt.wikipedia.org/wiki/Blaise_Pascal> Acesso em: 10 set. 2014.

BONJORNO, J. R. *et al.* **Física: mecânica**, 1º ano. 2. ed. São Paulo: FTD, 2013.

DAMASIO, F.; STEFFANI, M H. **Material de apoio didático para o primeiro contato formal com Física**: fluidos. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, Programa da Pós-Graduação em Ensino de Física, Textos de Apoio ao Professor de Física, v. 18 n. 5, 2007.

DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N. **Física 1**. 2º Edição. São Paulo: Saraiva, 2013.

EVANGELISTA Torricelli. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em:<http://pt.wikipedia.org/wiki/Evangalista_Torricelli> Acesso em: 10 set. 2014.

FEIRA de Ciências. Disponível em: <<http://www.feiradeciencias.com.br>>. Acesso em 30 jun. 2015.

FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. **Física para o Ensino Médio 1**. 3ª Edição. São Paulo: Saraiva, 2013.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 2º Edição. São Paulo: Ática, 2013.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: Interação e Tecnologia**, Volume 1. 1ª edição. São Paulo: Leya, 2013.

MARTINI, G. *et al.* **Conexões com a Física**. 2ª Edição. São Paulo: Moderna, 2013.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. **Física Contexto e Aplicações 1**. 1ª Edição. São Paulo: Scipione, 2013.

MENEZES, L. C de *et al.* **Coleção Quanta Física**. 1ª série. 1. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

OTTO von Guericke. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Otto_von_Guericke > Acesso em: 10 set. 2014.

PIETROCOLA, M. *et al.* **Física - Conceitos e Contextos**: Pessoal, Social, Histórico. 1ª Edição. São Paulo: FTD, 2013.

PIQUEIRA, J. R. C.; CARRON, W.; GUIMARÃES, O. **Física 1**. 1ª Edição. São Paulo: Ática, 2014.

PONTOCIÊNCIA. Disponível em: <<http://www.pontociencia.org.br/>>. Acesso em: 30 jun. 2015.

SAAD, F. D. (Coord.). **Demonstrações em Ensino de Ciências: explorando fenômenos da pressão do ar e dos líquidos através de experimentos simples**. 1ª edição. São Paulo: Livraria da Física, 2005.

SANTOS, G. O. **Ensinando Física na escola em laboratórios não estruturados**. Ilhéus: Editus, 2011. (Coleção UESC- Escola ConsCiência, Cartilha 9)

SIMON Stevin. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. Disponível em: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Simon_Stevin> Acesso em: 10 set. 2014.

STEFANOVITS, A. (Editor responsável). Obra coletiva. **Ser protagonista: Física**. 1º ano: ensino médio. 2ª Edição. São Paulo: Edições SM, 2013.

TORRES, C. M. A. *et al.* **Física Ciência e tecnologia 1**. 3ª Edição. São Paulo: Moderna, 2013.